



LANTBRUKSHÖGSKOLAN
UPPSALA

Höjning av nivåerna vid lågvatten- förling i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövstabruk

3: Ytterligare förslag till värnutformningar

Anders Bjerketorp

INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK

STENCILTRYCK NR 83

UPPSALA 1975



LANTBRUKSHÖGSKOLAN
UPPSALA

Höjning av nivåerna vid lågvatten- föring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövstabruk

3: Ytterligare förslag till värnutformningar

Anders Bjerketorp

INSTITUTIONEN FÖR MARKVETENSKAP

AVDELNINGEN FÖR LANTBRUKETS HYDROTEKNIK

STENCILTRYCK NR 83

UPPSALA 1975

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. <u>INLEDNING</u>	1
2. <u>VAL AV FÖRUTSÄTTNINGAR</u>	2
2.1. <u>Fundamentala premisser</u>	2
2.2. <u>Val av dämpningsnivåer. Seriebeteckningar.</u>	2
2.2.1. <u>I föregående utredningar</u>	2
2.2.2. <u>I nu aktuell utredning</u>	3
2.3. <u>Val av särskiljande kriterium för värnalternativen inom serierna</u>	4
2.4. <u>Val av överfallsvärntyp</u>	5
2.5. <u>Brytpunkternas lägen</u>	6
2.5.1. <u>För värnen i D22:R2-serien</u>	6
2.5.2. <u>För värnen i D22:39:R2-serien</u>	7
2.6. <u>Val av ytterligare stödpunkter</u>	7
2.6.1. <u>För D22:R2-serien</u>	7
2.6.2. <u>För D22:39:R2-serien</u>	7
3. <u>SPECIELLA PROBLEM</u>	8
3.1. <u>Det använda höjdsystemet</u>	8
3.2. <u>Sannolikheten för extremt små vattenföringar</u>	8
3.3. <u>Vattenföringskurvans förlopp i ett specialfall</u>	9
3.4. <u>Utströmningskoefficientens funktionsförlopp</u>	9
3.4.1. <u>Använd funktion</u>	9
3.4.2. <u>Föreslagen funktion för slutlig beräkning</u>	10
4. <u>BERÄKNINGAR</u>	11

5. <u>BERÄKNINGSRESULTAT</u>	12
5.1. <u>Geometrisk data</u>	12
5.2. <u>Vattenföringsdata</u>	12
5.2.1. <u>Flödesekvationer</u>	12
5.2.2. <u>Vattenföringskurvor</u>	13
6. <u>HUVUDFÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER</u>	14
7. <u>LITTERATURFÖRTECKNING</u>	16
8. <u>BILAGOR</u>	17

Bilaga 1: Tabeller (18)

Tab. 1: Översikt över de föreslagna värnalt.	(19)
Tab. 2: Betydelse av beteckn. i tab. 1	(20)
Tab. 3: Vattenföringskurvornas definitionsomr.	(20)
Tab. 4: Värnens karakteristiska nivåvärden	(21)
Tab. 5: Värnens sidolutningskarakteristika	(22)
Tab. 6: Värnens karakteristiska breddvärden	(23)
Tab. 7: Värnens karakteristiska höjdvärden	(24)
Tab. 8: Utströmningskoefficienternas konstanter och exponenter	(25)
Tab. 9: Konstanter i flödesekvationerna /6/, /6'/, /7/ och /8/	(26)
Tab. 10: Definition av konstanter	(29)
Tab. 11: Konstanter i flödesekvation /1/	(30)

Bilaga 2: Skisser utvisande den geometriska utformningen av fyra av de sex föreslagna överfallsvärnen i D22:R2-serien och sex av de åtta föreslagna värnen i D22:39:R2-serien (31)

Bilaga 3: Vattenföringskurvor för några av de föreslagna värnalternativen i D22:R2-serien respektive i D22:39:R2-serien (42)

Bilaga 4: Exempel på beräkning av geometriska karakteristika för de föreslagna överfallsvärnen (52)

HÖJNING AV NIVÅERNA VID LÅGVATTENFÖRING I FORSMARKSÅNS VATTENSYSTEM UPPSTRÖMS LÖVSTABRUK. 3: YTTERLIGARE FÖRSLAG TILL VÄRNUUTFORMNINGAR.

Av Anders Bjerketorp

1. INLEDNING

Våren 1974 överlämnade författaren till Länsstyrelsens i Uppsala län Planeringsavdelning resultaten av en preliminär utredning rörande det hydrauliska problemkomplexet i samband med en presumtiv höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms den s. k. Pierreslutan vid Lövestabruk. Utredningsbetänkandet publicerades i maj 1974 (BJERKETORP 1974a).

Lantbruksnämnden i Uppsala län riktade i ett yttrande en rad erinringar mot utredningens resultat. Författarens svar på dessa anmärkningar fick formen av en kompletterande utredning, vilken avlämnades i augusti 1974 och publicerades påföljande månad (BJERKETORP 1974b).

Lantbruksnämnden hade i sitt yttrande bl. a. efterlyst anordningar som kunde garantera en viss minsta vattenföring (Tes 5, BJERKETORP 1974b, s. 5). Författaren tolkade uttrycket "en viss minsta" som "en viss bestämd minsta" och försökte tillmötesgå Lantbruksnämndens i och för sig berättigade önskemål (Jfr. BJERKETORP 1974b, s. 4) med en serie nya värnutformningsförslag, vilka kan säkra en viss, inom ganska snäva gränser bestämd minsta vattenföring (BJERKETORP 1974b, s. 9-10, 18-38). Under hösten 1974 lät dock Lantbruksnämnden göra vederligt att ej heller de nya förslagen tillfredsställde dess önskemål. Det av författaren föreslagna systemet med flyttbara och borttagbara krönplåtar ansågs vara opraktiskt, ett omdöme som författaren själv delvis ansluter sig till. Det framkom även att Lantbruksnämndens definition av uttrycket "en viss minsta vattenmängd (per tidsenhet)" uppenbarligen inte var så strikt som författarens, utan endast verbaliserade en okvantifierad önskan om garantier på hög probabilitetsnivå om att något ("en viss mängd") vatten "alltid" skulle komma att överflöda det blivande värrnet.

Lantbruksnämnden fann alltså författarens reglerbara överfallsvärn opraktiska. Istället ville den än en gång förorda fasta anordningar för att säkra vad den kallade "en viss minsta vattenmängd". Till detta replikerade författaren vid ett sammanträde på Länsstyrelsen i Uppsala län under senhösten 1974, att fasta anordningar visst kan komma ifråga för att minska sannolikheten för att ett visst bestämt flödesvärde skall underskridas. Två därtills följda konstruktionspremisser måste då emellertid frångås. För det första måste kravet på "optimal dämningseffektivitet" (BJERKETORP 1974a, s. 12-14, 41-52) uppges, och för det andra kan inte villkoret att en viss bestämd minsta vattenföring skall säkras upprätthållas.

Redan vid tiden för nämnda sammanträde hade författaren, utgående från de båda nödvändiga förutsättningsändringarna, preliminärt skisserat några nya förslag till värnutformningar. Förslagen mottogs välvilligt av Lantbruksnämndens företrädare, och författaren erhöll Länsstyrelsens uppdrag att slutföra arbetet med dem. Resultaten av detta arbete framlägges härmed.

2. VAL AV FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1. Fundamentala premisser

Grundläggande målsättning för utformningen av de värnalternativ som här presenteras är att med minsta möjliga reducering av dämningseffektiviteten (Se ovan och BJERKETORP 1974a) hålla nere sannolikheten för uppträdande av vattenföringar mindre än $0,150 \text{ m}^3/\text{s}$.

2.2. Val av dämningssnivåer. Seriebeteckningar.

2.2.1. I föregående utredningar

I den första utredningen (BJERKETORP 1974a) föreslogs en rad olika dämningssnivåer för vattenföringen vid normalt lägstvattenstånd (q_{NLV}) i vattensystemet uppströms Pierreslutan. Antalet uppdamningsvarianter reducerades i den andra utredningen (BJERKETORP 1974b) till två. Den första uppdamningsvarianten hade där valts så att mycket hög dämningseffektivitet (BJERKETORP 1974a) förenades med målsättningen att låta dämningssverkan upphöra vid nivån 27,21 mNN(1900; Bergs fixhöjd), d. v. s. vid tallens nedergräns nära Pierreslutan minus 0,05 m (INGMAR 1973, s. 18-20; BJERKETORP 1974a, s. 2). Vidare förutsattes att överfallsvärnets

tröskelbredd inte skulle få överstiga 5,0 m och dess totalbredd inte 6,0 m. Under dessa premisser blev NLV-förhöjningen enligt den första uppdämningsvarianten 0,25 m. Seriebeteckning för den första uppdämningsvarianten var D25:R1, vilket är att tolka som revision 1 av uppdämningsvarianten D25 i BJERKETORP (1974a).

Den andra uppdämningsvarianten valdes med tanke på att, med samma begränsning av värnbredden som i det första fallet, och med en minimering av förhöjningen av gränsen för dämningssverkans upphörande, åstadkomma en upplyftning av den normala lägstvattennivån i Ensjön med 0,30 m, d. v. s. en höjning av NLV vid Pierreslutan med 0,39 m (BJERKETORP 1974a, s. 5-12). Förhöjningen av gränsen för dämningssverkans upphörande beräknades bli 0,14 m, d. v. s. till 27,35 mNN(1900; Bergs fixhöjd). Seriebeteckningen för den andra uppdämningsvariantens värnalternativ var D22:39:R1, vilket skall tolkas som revision 1 av uppdämningsvarianten D22:39 i BJERKETORP (1974a).

2.2.2. I nu aktuell utredning

Liksom i den närmast föregående (andra) utredningen (BJERKETORP 1974b) har endast två uppdämningsvarianter undersökts. Kriterierna för valet av dessa har i flera avseenden varit desamma som för valet av uppdämningsvarianter i BJERKETORP (1974b). Önskemålet att minska sannolikheten för extremt små vattenföringar är den viktigaste nyheten (Se avd. 2.1.). Den första uppdämningsvarianten har valts så att en hög, om än i förhållande till tidigare reducerad, dämningseffektivitet (BJERKETORP 1974a) förenas med de två målsättningarna att för det första dämningssverkan, liksom i den analoga D25:R1-serien i BJERKETORP (1974b), skall upphöra vid nivån 27,21 mNN(1900; Bergs fixhöjd) och för det andra att en minskning av sannolikheten för små vattenföringar skall åvägabringas. Vidare har förutsatts att tröskelhöjden inte får sänkas mer än 0,25 m i förhållande till nuvarande läge, och att värnets totalbredd inte skall tillåtas överstiga 6,0 m (Ett undantag har gjorts i detta avseende). Under dessa förutsättningar har en NLV-förhöjning av 0,22 m åstadkommits, alltså 0,03 m mindre än i den analoga D22:R1-serien i BJERKETORP (1974b), vilket är ett uttryck för minskad dämningseffektivitet. Seriebeteckningen för den första uppdämningsvariantens värnalternativ är D22:R2, vilket skall tolkas som revision 2 av uppdämningsvariant D22 i BJERKE-

TORP (1974a). Beträffande särskiljande kriterier för de olika värnalternativen i serien, se nedan under avd. 2.3. Den andra uppdämningsvarianten har valts med samma begränsningar av värnbredd och tröskelsänkning som i den första uppdämningsvarianten, liksom med samma målsättning att begränsa sannolikheten för extremt låga vattenföringars uppträdande. Till dessa förutsättningar har endast lagts villkoret att en NLV-förhöjning med 0,39 m skall åstadkommas vid Pierreslutan (0,30 m vid Ensjön) med en minimerad förhöjning av gränsen för dämmningsverkans upphörande. Denna minsta möjliga förhöjning har befunnits vara 0,17 m, alltså 0,03 m mer än i det analoga fallet D25:39:R1 i BJERKETORP (1974b), vilket är ytterligare ett tecken på den minskning av dämmningseffektiviteten som blivit en följd av den reducerade sannolikheten för extremt små vattenföringar. Seriebeteckningen för den andra uppdämningsvariantens värnalternativ är D22:39:R2, vilket skall tolkas som revision 2 av uppdämningsvariant D22:39 i BJERKETORP (1974a). Beträffande särskiljande kriterier för de olika värnalternativen i serien, se nästa avd. (2.3.).

2.3. Val av särskiljande kriterium för värnalternativen inom serierna

Som särskiljande för de olika värnalternativen inom respektive uppdämningsserier har valts alternativens olika starka reduktion av sannolikheten för att extremt små vattenföringar skall uppträda. Denna egenskap uttryckes indirekt av vattenföringskurvans lutning vid låga flödesvärden. Som ett praktiskt mått på egenskapen har författaren valt att använda den nivåminskning som erfordras för att nedbringa vattenföringen från $0,150 \text{ m}^3/\text{s}$ till $0,100 \text{ m}^3/\text{s}$. Denna nivåminskning, som erhållit beteckningen $\Delta h_{1,b}$ och finns förtecknad i tabell 7 (Sista kolumnen) i Bilaga 1, har använts i benämningarna på de olika värnvarianterna. Är t. ex. den erforderliga nivåminskningen c:a 13 cm, så har till seriebeteckningen fogats talet 13, erfordras c:a 14 cm minskning har talet 14 tillagts o. s. v. Förekommer samma minskning i båda serierna, har ett "A" fogats till beteckningarna i serie D22:R2 och ett "B" till beteckningarna i serie D22:39:R2. De föreslagna värnen i serie D22:R2 är sex till antalet och uppvisar nivåminskningsbehov (enligt den givna definitionen) från 13 till c:a 18 cm. Fullständiga beteckningar för första respektive sista alternativet i denna serie är D22:R213 respektive D22:R218A. Värnalternativen i serie D22:39:R2

är åtta stycken och har nivåminskningsbehov från 16 till c:a 23 cm. Första och sista alternativen betecknas D22:39:R216B respektive D22:39:R223.

2.4. Val av överfallsvärntyp

För att uppfylla de i avd. 2.1. (s. 2) givna fundamentala premisserna behövs ett värn som ger vattenföringskurvan (i den form, $H = H(q)$, som avbildas grafiskt i kurvorna i Bilaga 3) en brant lutning i det lägsta vattenföringsregistret under ett visst värde, q_c , och en förhållandevis svag lutning mellan $q = q_c$ och q vid och ett stycke över nivån för tämningsverkans upphörande.

Den flacka kurvdelen åstadkommes bäst genom ett brett, rektangulärt överfallsvärn (BJERKETORP 1974a). Det rektangulära värnet lämpar sig dock inte så bra i de fall vattennivån kan förväntas sjunka ner mot eller förbi värnkanten. I sådana fall bör istället ett flackt triangulärt eller ett brett paraboliskt, spetsparaboliskt eller polygonalt värn användas. Den branta delen av kurvan kan åvägabringas på flera sätt, t. ex. med hjälp av en utströmningsöppning (Sluten begränsningslinje!) eller med ett "jack" (Uppåt öppen begränsningslinje!) av något slag. Effektivast är ett lämpligt placerat hål (= utströmningsöppning), därnäst verkningsfullast är ett nedåt starkt utvidgat jack, t. ex. i form av ett s. k. linearitetsöverfallsvärn (hyperboliskt överfallsvärn, Stout-värn, Sutro-värn). Mot användande av hål eller nedåt starkt vidgade jack talar praktiska konstruktions-skäl och svårbedömbara submergensproblem.

Författaren har valt att utforma värnen som symmetriska polygoner med två brytpunkter per sida. Nedre delen, uppåt begränsad av den nivå som svarar mot $q = q_c = 0,150 \text{ m}^3/\text{s}$ har formen av ett tämligen smalt jack eller "centralt utskov", vilken är den i Bilaga 2 använda benämningen. Jacket är antingen jämbrett ($s_1 = 0$) eller också utvidgar det sig ($s_1 > 0$) eller avsmalnar det ($s_1 < 0$) uppåt. Värnens övre del domineras av ett basalt parti med mycket svag sidolutning, varigenom det mot denna del svarande vattenföringskurveavsnittet också får en förhållandevis svag lutning. Den ovan använda storheten s_1 är lutningsparametern för värnpolygonens första (nedre) delsträcka. Värden på s_1 återfinnes i tabell 5 på s. B1:5 i Bilaga 1.

2.5. Brytpunkternas lägen

2.5.1. För värnen i D22:R2-serien

Första brytpunktens läge antydde redan i föregående avd. (2.4., s. 5). Punkten är förlagd till en nivå som nära svarar mot $q = q_c = 0,150 \text{ m}^3/\text{s}$. Brytpunktens höjdläge uttryckt i mNN(1900; Bergs fixhöjd) betecknas H_{b_1} och återfinns i tabell 4 på s. B1:4 i Bilaga 1. H_{b_1} är i princip rörlig under det analytiska konstruktionsarbetet, men de givna förutsättningarna för värnutformningen ledde till att nivån H_{b_1} för samtliga värnalternativ i D22:R2-serien blev 26,83 mNN(1900; Bergs fixhöjd). D22:39:R2-serien visar en något annorlunda bild, som framgår av avd. 2.5.2. på s. 7. Första brytpunktens höjd i m över tröskeln betecknas h_1 och finns bl. a. förtecknad i tabell 5 på sid B1:5 i Bilaga 1. Att första brytpunkten inte ligger exakt på den nivå eller höjd som svarar mot $q = q_c = 0,150 \text{ m}^3/\text{s}$ beror på att jackets bottenbredd, b_0 , först fastlägges ur givna värden på q , h_1 och s_1 (Jfr. Bilaga 4, s. B4:2), varefter b_0 -värdet avkortas ("rationaliseras") till tre decimaler. Den rätta höjden över tröskeln för $q = q_c = 0,150 \text{ m}^3/\text{s}$, betecknad h_1' , återfinns i tabell 7 på s. B1:7 i Bilaga 1. Skillnaden mellan h_1 och h_1' är tämligen liten och uppgår till högst 0,002 m.

Den andra brytpunkten ligger på den nivå som mycket nära överensstämmer med nivån för $q = 0,330 \text{ m}^3/\text{s}$, d. v. s. för $q = q_{NLV}$. Nivån fastlägges i och med att storleken av uppdämningen bestäms. Eftersom D22:R2-serien ger en uppdämning vid q_{NLV} av 0,22 m och eftersom nivån för q_{NLV} före dämning är 26,73 mNN(1900; Bergs fixhöjd) blir den andra brytpunktens nivå i D22:R2-serien alltid 26,95 mNN(1900; Bergs fixhöjd). Brytpunktens nivå betecknas H_{b_2} . Dess höjd över tröskeln betecknas h_2 . Den sistnämnda storhetens siffervärden finns angivna bl. a. i tabell 7 på s. B1:7 i Bilaga 1. Att denna brytpunkts nivå inte exakt motsvarar nivån för $q = 0,330 \text{ m}^3/\text{s}$ har en principiellt likartad förklaring som den som gäller för den första brytpunktens avvikelse från den precisa nivån för $q = q_c = 0,150 \text{ m}^3/\text{s}$. Avvikelsen är ifråga om andra brytpunkten mycket liten och saknar helt praktiskt intresse.

2.5.2. För värnen i D22:39:R2-serien

Båda brytpunkterna fastlägges i denna serie genom att värnen först betraktas som ingående i D22:R2-serien med en tröskelnivå högst 0,42 m under den nuvarande (Jfr. s. 3, avd. 2.2.2.) och med en största bredd på nivån 27,08 mNN(1900; Bergs fixhöjd) av 6,0 m. Därefter transformeras dessa värn upp 0,17 m. H_{b1} har i denna serie ursprungligen beräknats till 26,83 mNN(1900; Bergs fixhöjd) för seriens fyra första varianter respektive 26,82 mNN(1900; Bergs fixhöjd) för seriens fyra sista varianter, för att sedan ha transformerats till nivåerna 27,00 respektive 26,99 mNN(1900; Bergs fixhöjd). På samma sätt har H_{b2} från ursprungliga 26,95 omförd till 27,12 mNN(1900; Bergs fixhöjd).

2.6. Val av ytterligare stödpunkter

2.6.1. För D22:R2-serien

För styrning av polygondelsträckan ovanför andra brytpunkten erfordras ytterligare en stödpunkt. Denna har nu som tidigare definierats av nivån och vattenföringen vid dämningssverkans upphörande, d. v. s. av $H = 27,21$ mNN(1900; Bergs fixhöjd) och av $q = 1,920$ m³/s.

Slutligen begränsas varje värn av en vågrät avslutning på nivån 27,25 mNN(1900; Bergs fixhöjd).

2.6.2. För D22:39:R2-serien

Övre styrrunkten för denna series värn är densamma som för D22:R2-seriens värn, eftersom D22:39:R2-seriens värnalternativ konstruerats som om de skulle ingå i D22:R2-serien, fast under de modifierade villkor som anges i avd. 2.5.2. Därefter har transformering skett till D22:39:R2-serien genom en höjning av alla nivåer mellan $H = H_0$ och $H = 27,08$ mNN(1900; Bergs fixhöjd) med 0,17 m (Jfr. avd. 2.5.2.). Värnen avslutas på nivån 27,25 mNN(1900; Bergs fixhöjd) i det transformerade systemet (27,08 i det icke transformerade systemet, beräkningssystemet).

3. SPECIELLA PROBLEM

3.1. Det använda höjdsystemet

Alla angivna höjder över Rikets Normalnollplan bygger på den höjdangivelse för fixpunkten invid Pierreslutan som ges i BERG (1945), ehuru denna höjd med stor säkerhet är 0,027 m från låg, räknat i epok 1900 (0,550 från låg räknat i den nya epoken 1970). Motivering för att hålla fast vid den Bergska höjdangivelsen är dels att en mängd tidigare mätdata relaterats till denna höjd (Jfr. INGMAR 1973, bilaga 4), dels att en säker fixhöjd fortfarande saknas för Ensjön (Jfr. BJERKETORP 1974a, s. 7). Fixpunkten vid Pierreslutan har anknutits till en av Lantmäteriverkets precisionslinjeanslutna fixar genom en ytterst noggrannt utförd dubbelavvägning, genomförd av författaren den 18-19 november 1974.

3.2. Sannolikheten för extremt små vattenföringar

Sannolikheten för att extremt liten vattenföring skall uppträda minskar betydligt med ökat värde på den i avd. 2.3. (s. 4) diskuterade variabeln $\Delta h_{1,b}$, en variabel som finns upptagen i tabell 7 i Bilaga 1. Någon strikt probabilitetskalkyl har inte utförts, men en relativt försiktig bedömning, grundad på vissa översiktliga beräkningar, ger en fingervisning om att sannolikheten för att årslägstvattenföringar under $0,125 \text{ m}^3/\text{s}$ troligen är högst $1/5$ då $\Delta h_{1,b} = 0,191 \text{ m}$ (Alternativ D22:39:R219), $1/7$ då $\Delta h_{1,b} = 0,211 \text{ m}$ (Alternativ D22:39:R221) och $1/10$ då $\Delta h_{1,b} = 0,233 \text{ m}$ (Alternativ D22:39:R223). Under nu rådande "naturliga" förhållanden är den diskuterade sannolikheten c:a $1/10$. Sannolikheten för att årslägstvattenföringar under $0,100 \text{ m}^3/\text{s}$ skall uppträda är såsom varande ett statistiskt extremvärdesproblem än svårare att skatta. En grov bedömning ger dock vid handen att denna sannolikhet kan tänkas vara ungefär $1/25$ då $\Delta h_{1,b} = 0,191$, $1/35$ när $\Delta h_{1,b} = 0,211$ och $1/50$ vid $\Delta h_{1,b} = 0,233 \text{ m}$ liksom vid nu rådande odämda förhållanden.

Det måste understrykas att de angivna sannolikhetstalen endast grundar sig på bedömning och på vissa överslagsberäkningar och inte på en statistisk analys i egentlig mening.

3.3. Vattenföringskurvans förlopp i ett specialfall

I D22:39:R2-serien är inte vattenföringskurvan strikt definierad av någon värnekvation i H-intervallet 27,25 - 27,38 mNN(1900; Bergs fixhöjd). För detta område har följande principiella approximeringsformel använts (Jfr. avd. 4, s. 11):

$$q_4 \approx c_1 + c_2 \cdot (H - H_0) + c_3 \cdot (H - H_0)^2 \quad /1/$$

där

q_4 = flödet i det ovan angivna intervallet (m^3/s)

H = höjdvariabeln (mNN(1900; Bergs fixhöjd))

H_0 = tröskelnivån (mNN(1900; Bergs fixhöjd))

c_1 , c_2 och c_3 är konstanter givna i tabell 11 i Bilaga 1, s.

B1:13

3.4. Utströmningskoefficientens funktionsförlopp

3.4.1. Använd funktion

Utströmningskoefficienten är beräknad enligt sambandet

$$\mu_i = \mu_{g_i} \cdot h_i^{-\alpha_i} \cdot h_{x,i}^{\alpha_i} = C_{\mu_i} \cdot h_{x,i}^{\alpha_i} \quad /2/$$

där

μ_i = utströmningskoefficienten inom definitionsområde i

μ_{g_i} = utströmningskoefficientens gränsvärde vid definitionsområdets övre gräns, h_i

h_i = övre gräns för definitionsområde i

$$C_{\mu_i} = \mu_{g_i} \cdot h_i^{-\alpha_i}$$

$h_{x,i}$ = höjdvariabel inom definitionsområde i

Definitionsområden för $h_{x,i}$:

$$0,020 \text{ m} \leq h_{x,1} \leq h_1$$

$$h_1 \leq h_{x,2} \leq h_2$$

$$h_2 \leq h_{x,3} \leq h_2 + \Delta h_{32}$$

h_1 och Δh_{32} erhålles från tabell 5 och h_2 ur tabell 7 i Bilaga 1.

Definition av α_i :

För $i = 1$

$$\alpha_1 = 0,0100$$

För $i > 1$

$$\alpha_i = \frac{\ln \mu_{g_i} - \ln \mu_{g(i-1)}}{\ln h_i - \ln h_{(i-1)}} \quad /3/$$

Följande μ_{g_i} -värden har använts:

$$\mu_{g_1} = 0,615$$

$$\mu_{g_2} = 0,620$$

$$\mu_{g_3} = 0,640$$

h_i erhålles från tabellerna 5 och 7 i Bilaga 1 (s. B1:5 och B1:7). Observera att h_3^e i tabell 5 i detta sammanhang kan sättas lika med h_3 . Värden på $C\mu_i$ och α_i ges i tabell 8 i Bilaga 1, s. B1:8.

3.4.2. Föreslagen funktion för slutlig beräkning

Beräkning av μ_i enligt den använda metoden ger inte helt tillfredsställande resultat. Värnutformningarna påverkas dock inte av detta. Däremot influeras de analytiskt framräknade vattenföringsvärdena något litet (högst ett par tiondels procent), dock inte så mycket att det blir grafiskt iakttagbart. Författaren vill dock föreslå att utströmningskoefficienten för det värnalternativ som eventuellt kommer till utförande, beräknas enligt nedanstående något mer intrikata uttryck, vilket liksom det nu använda framtagits av författaren och testats på ett omfattande, ur den internationella litteraturen hämtat, empiriskt material:

$$\mu_i = C_{1,i} \cdot h_p^{C_{2,i}} \cdot h_p^{C_{3,i}} \quad \left| \quad \begin{array}{l} h_p = \frac{h_{x,i}}{h_i} \end{array} \right. \quad /4/$$

där

$C_{3,i}$ = en konstant som bestämmer μ_i -kurvans krökning. Denna konstant fastlägges ur önskade värden vid definitionsgränserna på μ_i -funktionens förstaderivata.

RÄTTELSELAPP

att inklistra överst på sid. 11 i

Lantbrukshögskolan. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen
för lantbrukets hydroteknik. STENCILTRYCK NR 83. Uppsala 1975.
ISBN 91-7088-204-5

11.

$$C_{2,i} = \frac{\ln \mu_{g_i} - \ln \mu_{g(i-1)}}{\frac{C_{3,i}}{h_i^{3,i} \cdot \ln h_i} - \frac{C_{3,i}}{h_{(i-1)}^{3,i} \cdot \ln h_{(i-1)}}} = \frac{\ln \mu_{g(i-1)} - \ln \mu_{g_i}}{\frac{C_{3,i}}{h_{p_1}^{3,i} \cdot \ln h_{p_1}}} \quad /5/$$

Jfr. formel /3/!

$C_{1,i} = \mu_{g_i}$ = utströmningskoefficientens gränsvärde vid definitions-
områdets övre gräns, h_i

h_p = en dimensionslös variabel

$h_{x,i}$ = höjdvariabeln inom definitionsområde i

$\mu_{g(i-1)}$ = utströmningskoefficientens gränsvärde vid definitionsområdets
nedre gräns, $h_{(i-1)}$

$h_p = \frac{h_{(i-1)}}{h_i}$ = h_p -värde vid definitionsområdets nedre gräns, $h_{(i-1)}$

$$C_{2,i} = \frac{C_{3,i} (\ln \mu_{g_i} + \ln \mu_{g_{(i-1)}})}{C_{3,i} (\ln h_i - \ln h_{(i-1)})} \quad /5/$$

Jfr. formel /3/!

$C_{1,i} = \mu_{g_i}$ = utströmningsskoefficientens gränsvärde vid definitionsområdets övre gräns, h_i

h_p = en dimensionslös variabel

$h_{x,i}$ = höjdvariabeln inom definitionsområde i

$\mu_{g_{(i-1)}}$ = utströmningsskoefficientens gränsvärde vid definitionsområdets nedre gräns, $h_{(i-1)}$

4. BERÄKNINGAR

Författaren genomförde efter deducering av beräkningsgången ganska omfattande prövningsberäkningar för hand, d. v. s. med elektronisk räknedosa. Därefter överförde författaren beräkningsrutinen till två ADB-program. Med det ena programmet, PROGRAM SAMSV3, beräknades alla tänkbara värnalternativs geometriska karakteristika liksom konstanterna till flödesekvationerna /6/, /6'/, /7/ och /8/ (Se avd. 5.2.1., s. 12). Här skall inte närmare redogöras för det tämligen invecklade beräkningsförloppet, vilket i princip bygger på att de kända Polenska formlerna för överströmning av rektangulära och triangulära värn kombineras på skiftande vis. Härtill kommer beräkning av utströmningsskoefficienten enligt den metod som redovisats i avd. 3.4.1. på s. 9-10. Glimtar från beräkningsgången kan dock inhämtas i Bilaga 4, där några exempel ges på beräkning av geometriska karakteristika. Av intresse i detta sammanhang är även sammanställningen av konstantdefinitioner i tabell 10 i Bilaga 1, s. B1:12.

Bland de många undersökta värnalternativen (ett tusental!) utvaldes de fjorton i denna skrift presenterade. Med hjälp av det andra ADB-programmet, PROGRAM SAMSV3Q, framtoogs underlaget för dessa värns vattenföringskurvor upp till nivån för dämningssverkas upphörande. Med samma ADB-program bestäms även konstanterna till flödesekvation /1/, angiven i avd. 3.3., s. 9 och i avd. 5.2.1., s. 13. Denna konstantbe-

stämning utfördes med hjälp av Lagranges interpoleringsmetod under de givna förutsättningarna att den sökta funktionen skulle satisfieras av de två punkter som definieras av $H_1 = 27,25$ och $q_1 = q_{H_{27,25}}$ respektive $H_3 = 27,38$ och $q_3 = 2,800 \text{ m}^3/\text{s}$ och under de antagna villkoren att funktionen är ett andragradspolynom och att den också satisfieras av punkten med koordinaterna $H_2 = 27,33$ och $q_2 = 1,73 + 0,2 \cdot q_1 \text{ m}^3/\text{s}$. $q_{H_{27,25}}$ är här det värde på q som erhålles när $h = 27,25 - H_0$ insättes i flödesekvation /8/, enligt avd. 5.2.1., s. 13.

5. BERÄKNINGSRESULTAT

Resultaten av beräkningarna för de fjorton utvalda värnalternativen kan uppdelas i geometriska data och vattenföringsuppgifter.

5.1. Geometriska data

Alla relevanta geometriska data finns redovisade i tabellerna 4-7 i Bilaga 1. Tabell 4 ger nivåuppgifter i mNN(1900; Bergs fixhöjd), tabell 5 sidolutningskaraktistika i m, tabell 6 breddangivelser i m och tabell 7 höjddata i m och uppgifter om "nivåavsänkingsbehov" (Jfr. avd. 2.3.1 s, 4 och avd. 3.2., s. 8). De flesta värnens geometriska utformning illustreras också av en serie skisser i Bilaga 2. Vilka värn som är medtagna i Bilaga 2 framgår av tabell 1 på s. B1:2 i Bilaga 1.

5.2. Vattenföringsdata

5.2.1. Flödesekvationer

Vattenföringen är bestämd av en serie ekvationer gällande för olika nivå- eller höjdintervall. Konstanterna för dessa flödesekvationer eller vattenföringsekvationer är beräknade dels med PROGRAM SAMSV3 (ekvationerna /6/ till /8/) dels med PROGRAM SAMSV3Q (ekvation /1/). Jämför avd. 4., s. 11. Konstanterna för ekvationerna /6/ till /8/ är definierade i tabell 10 på s. B1:12 i Bilaga 1. Ekvation /10/:s konstanter har framtagits enligt den i avd. 4. redovisade metoden. Konstanternas numeriska värden finns upptagna i tabellerna 9:1, 9:2, 9:3 och 11 i Bilaga 1. Ekvationerna är

$$q_1 = a_{11} \cdot h^{\alpha_i} \cdot (a_2 \cdot h^{1,5} + a_3 \cdot h^{2,5})$$

$$0,020 \text{ m} \leq h \leq h_1$$

$$s_1 \neq 0$$

/6/

$$q_1' = a_{11}' \cdot h^{1,5+\alpha_1}$$

$$0,020 \text{ m} \leq h \leq h_1$$

$$s_1 = 0$$

/6/

$$q_2 = a_{12} \cdot h^{\alpha_2} \cdot (a_2 \cdot h^{1,5} + a_3 \cdot h^{2,5} + a_4 \cdot (h - h_1)^{2,5})$$

$$h_1 \leq h \leq h_2$$

/7/

Termen $a_3 \cdot h^{2,5}$ bortfaller om $s_1 = 0$.

$$q_3 = a_{13} \cdot h^{\alpha_3} \cdot (a_2 \cdot h^{1,5} + a_3 \cdot h^{2,5} + a_4 \cdot (h - h_1)^{2,5} + a_5 \cdot (h - h_2)^{2,5})$$

$$h_2 \leq h \leq (h_2 + \Delta h_{32}) = (H_{g_3} - H_0)$$

/8/

Termen $a_3 \cdot h^{2,5}$ bortfaller om $s_1 = 0$.

$$q_4 = c_1 + c_2 \cdot (H - H_0) + c_3 \cdot (H - H_0)^2$$

$$27,25 \leq H \leq 27,38$$

/1/

Ekvation /1/ gäller endast för D22:39:R2-serien. Se vidare avd. 3.3., s. 9.

5.2.2. Vattenföringskurvor

Flödesfunktioner för olika höjdintervall finns för flera av värnförslagen återgivna i Bilaga 3 i form av vattenföringskurvor. Vilka värnalternativ som är representerade och vilka intervall som i de olika fallen är medtagna, framgår av tabell 1 på s. B1:2 i Bilaga 1. Tabell 3 på s. B1:3 i samma bilaga ger vattenföringskurvornas giltighetsområden.

6. HUVUDFÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER

Liksom tidigare vill författaren som sin mening uttala att Ensjöns nivå vid NLV-regim bör höjas med 0,30 m, vilket synes väl motsvara den sänkning av medellägstvattenståndet som skett under perioden 1955-1975 i jämförelse med tiden före dämningsepoken, d. v. s. med tiden före omkring år 1600 (BJERKETORP 1974a, INGMAR 1973, 1974). Förhöjningen av Ensjöns medellägstvattenstånd åvägabringas främst av praktiska skäl genom en uppdämning vid Pierreslutan, som är belägen c:a 1,8 km nedströms sjöns utlopp. Till följd av att en viss dämningshöjdförlust inträder på sträckan mellan Pierreslutan och Ensjön, så måste uppdämningen vid Pierreslutan vara 0,39 m under NLV-förhållanden för att den önskade uppdämningen vid Ensjön skall ernås. Detta framgår av tidigare utförda dämningsskurveberäkningar (BJERKETORP 1974a). Ifrågakommande värnsekvens är alltså D22:39:R2-serien.

För att erhålla en liten sannolikhet för extrem små vattenföringars uppträdande, bör ett värnalternativ inom D22:39:R2-serien med stort $\Delta h_{1,b}$ -värde väljas (Se tabell 7 på s. B1:7 i Bilaga 1. Jfr. avd. 3.2., s. 8). Endast värnalternativ med $\Delta h_{1,b} \geq 0,19$ m torde kunna komma ifråga, och helst bör värnets $\Delta h_{1,b}$ inte understiga 0,21 m. Författaren föreslår därför att något av värnalternativen D22:39:R221, D22:39:R222 eller D22:39:R223 antages till utförande. Önskas en lika liten sannolikhet som den nu rådande för att extremt små vattenföringar skall inträffa, så bör alternativ D22:39:R223 förverkligas. Jfr. avd. 3.2., s. 8.

Uppförandet av ett överfallsvärn måste nödvändigtvis kompletteras med en radikal bottenupprensning mellan värnlaget och en tvärsektion c:a 30 m nedströms slutarportens smalaste del. Upprensningen skall gå ner till nivån 25,90 mNN(1900; Bergs fixhöjd) längs hela den upprensade sträckan. Genom en sådan upprensning minskar överfallstrålens submergens (täckning) så mycket att inverkan därav på överströmningsmängden kan försummas upp till ett vattenstånd uppströms värnet av c:a 27,25 mNN(1900; Bergs fixhöjd). Upprensningen av botten medför också en sänkning av vattenstånden för varje given vattenföring ovanför nivån för dämningssverkans upphörande, d. v. s. för D22:39:R2-seriens del ovanför nivån 27,38 mNN(1900; Bergs fixhöjd). Skulle en upprensning av botten ej komma till stånd, förlorar författarens beräkningar sin praktiska tillämpbarhet.

En annan förutsättning för att de uppgjorda kalkylerna skall stämma, är att värnets tröskel och sidokanter göres skarpa, d. v. s. med en högst 0,002 m (2 mm) tjock egg och med en avfasning på nedströmssidan. Avfasningen skall ha en vinkel mot horisontalplanet av 60° .

Beträffande det tekniska utförandet i övrigt hänvisas till de uttalanden som göres i BJERKETORP (1974a), s. 8 ("Något om det tekniska utförandet").

Med hänsyn till den estetiskt och kulturhistoriskt värdefulla miljön vid Pierreslutan bör värnläge A väljas framför värnläge B. Med värnläge A avses en tvärsektion 12,0 á 14,0 m uppströms den befintliga dammportens (Slutans) uppströmssida. Lokaliseringen av värnlägena A och B framgår av BJERKETORP (1974a), s. 21 och s. 30, liksom av BJERKETORP (1974b), s. 17.

Liksom i min första rapport vill jag sluta med att kraftigt understryka det bestämda önskemål som framföres i INGMAR (1974) om vattenståndsobservationer i sjökedjan uppströms Pierreslutan efter utförd höjning av NLV-nivån. Observationerna bör utföras med registrerande peglar, helst sådana som går att ställa om till s. k. månadsgång. Lämpliga pegelplatser i sjökedjan är Pierreslutan, Ensjön, Nybroån och Vikasjön. Dessutom skulle det vara värdefullt att få vattenståndet i sjön Fälaren registrerat, eftersom kännedom om detta ger en ganska god möjlighet att förutsäga kommande vattenstånd i det centrala sjösystemet

7. LITTERATURFÖRTECKNING

- Berg, S. O. 1945. Utredning angående torrläggning av vissa områden i norra Uppland. Del 1. Maskinskrift. Uppsala.
- Bjerketorp, A. 1974a. Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. En preliminär utredning. Lantbrukshögskolan. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Stenciltryck n:r 75. Uppsala.
- Bjerketorp, A. 1974b. Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. Ett yttrande över ett yttrande. Lantbrukshögskolan. Institutionen för markvetenskap. Avdelningen för lantbrukets hydroteknik. Stenciltryck n:r 80. Uppsala.
- Ingmar, T. 1973. Ursprungliga vattenståndsförhållanden mellan Vikasjön och Pierreslutan i Forsmarksåns vattenområde. Länsstyrelsen i Uppsala län. Naturvårdsenheten. Uppsala.
- Ingmar, T. 1974. Angående vattenståndsförhållandena i sjökedjan Vikasjön-Ensjön. Yttrande avgivet till Länsstyrelsen i Uppsala län den 15 februari 1974. Länsstyrelsen i Uppsala län. Naturvårdsenheten. Stencil (7 s.). Uppsala.

8. BILAGOR

Bilaga 1

till

Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem
uppströms Lövstabruk. 3: Ytterligare förslag till värnutformningar.

Av Anders Bjerketorp

Tabeller
=====

Tabell 1:1

Översikt över de föreslagna värnalternativen i D22:R2-serien.

Alternativ	Geometrisk form på centrala utskovet ¹⁾	Skiss ³⁾	Vattenföringskurva inom definitionsområde ²⁾		
			I	II	III
D22:R213	SBP	S1			
D22:R214	R				
D22:R215	R	S2			
D22:R216A	BBP	S3	K1		
D22:R217A	BBP		K1	K2	K3
D22:R218A	BBP	S4	K1		

Tabell 1:2

Översikt över de föreslagna värnalternativen i D22:39:R2-serien.

Alternativ	Geometrisk form på centrala utskovet ¹⁾	Skiss ³⁾	Vattenföringskurva inom definitionsområde ²⁾			
			I	IIa	IIb	III
D22:39:R216B	SBP	S5				
D22:39:R217B	R	S6				
D22:39:R218B	R					
D22:39:R219	R	S7	K4	K5	K6	
D22:39:R220	BBP	S8	K4			
D22:39:R221	BBP	S9	K4	K7	K8	K9
D22:39:R222	BBP		K4			
D22:39:R223	BBP	S10	K4			

1) Se tabell 2.

2) Se tabell 3 och Bilaga 3.

3) Se Bilaga 2.

Tabell 2.
=====

Betydelsen av beteckningarna i tabellerna 1:1 och 1:2 för det centrala utskovets geometriska form.

SEP = smalbasig parallelltrapets

R = rektangel

BBP = bredbasig parallelltrapets

Tabell 3.
=====

Vattenföringskurvornas definitionsområden

I: $q \leq q_{b_1}$

q_{b_1} = Flödet vid värnens första brytpunkt.
Numeriskt är $q_{b_1} = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$.

II: $q_{b_1} \leq q \leq q_{d_1}$

q_{d_1} = Flödet vid dämningssverkans upphörande i serie D22:R2. Numeriskt är
 $q_{d_1} = 1,92 \text{ m}^3/\text{s}$.

IIa: $q_{b_1} \leq q \leq q_{27,25}$

$q_{27,25}$ = Flödet vid nivån 27,25 mNN(1900; Bergs fixhöjd) i serie D22:39:R2.

IIb: $q_{27,25} \leq q \leq q_{d_2}$

q_{d_2} = Flödet vid dämningssverkans upphörande i serie D22:39:R2. Numeriskt är
 $q_{d_2} = 2,80 \text{ m}^3/\text{s}$.

III: $q_{NLV} \leq q \leq 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$

q_{NLV} = Flödet vid s. k. normal lågvattenföring.
Numeriskt är $q_{NLV} = 0,33 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabell 4.

Värnalternativens karakteristiska höjder i mNN(1900; Bergs fixhöjd).¹⁾

Alternativ	H_0	H_{b_1}	H_{b_2}	H_{g_3}
D22:R213	26,21	26,83	26,95	27,25
D22:R214	26,24	26,83	26,95	27,25
D22:R215	26,19	26,83	26,95	27,25
D22:R216A	26,24	26,83	26,95	27,25
D22:R217A	26,21	26,83	26,95	27,25
D22:R218A	26,18	26,83	26,95	27,25
D22:39:R216B	26,19	27,00	27,12	27,25
D22:39:R217B	26,28	27,00	27,12	27,25
D22:39:R218B	26,24	27,00	27,12	27,25
D22:39:R219	26,19	27,00	27,12	27,25
D22:39:R220	26,26	26,99	27,12	27,25
D22:39:R221	26,23	26,99	27,12	27,25
D22:39:R222	26,20	26,99	27,12	27,25
D22:39:R223	26,17	26,99	27,12	27,25

 H_0 = tröskelhöjd H_{b_1} = höjdläget för värnets första brytpunkt H_{b_2} = höjdläget för värnets andra brytpunkt H_{g_3} = höjdläget för värnets övre avslutning

¹⁾ mNN(1900; Bergs fixh.) = mNN(1900; Rikets fixh.) - 0,027 =
= mNN(1970; Rikets fixh.) - 0,550

Tabell 5.

De föreslagna värnalternativens sidolutningskaraktistika i m.

Alternativ	h_1	s_1	Δh_{21}	s_2	Δh_{32}	s_{32}	s_{31}
D22:R213	0,620	0,050	0,120	2,047	0,300	0,889	
D22:R214	0,590	0,000	0,120	2,147	0,300	0,669	
D22:R215	0,640	0,000	0,120	2,213	0,300	0,495	
D22:R216A	0,590	-0,060	0,120	2,310	0,300	0,297	
D22:R217A	0,620	-0,060	0,120	2,352	0,300	0,185	
D22:R218A	0,650	-0,060	0,120	2,380	0,300	0,118	
D22:39:R216B	0,810	0,050	0,120	2,221	0,130		0,169
D22:39:R217B	0,720	0,000	0,120	2,296	0,130		0,120
D22:39:R218B	0,760	0,000	0,120	2,318	0,130		0,099
D22:39:R219	0,810	0,000	0,120	2,373	0,130		0,031
D22:39:R220	0,730	-0,050	0,130	2,143	0,130		0,394
D22:39:R221	0,760	-0,050	0,130	2,153	0,130		0,388
D22:39:R222	0,790	-0,050	0,130	2,177	0,130		0,360
D22:39:223	0,820	-0,050	0,130	2,215	0,130		0,310

$h_1 = H_{b_1} - H_0$ = första brytpunktens höjd över tröskeln = det centrala utskovets höjd

s_1 = vågräta avståndet mellan första polygonsidans tröskelanslutning och första brytpunkten

$\Delta h_{21} = H_{b_2} - H_{b_1}$ = lodräta avståndet mellan första och andra brytpunkten

s_2 = vågräta avståndet mellan första och andra brytpunkten

$\Delta h_{32} = H_{g_3} - H_{b_2}$ = lodräta avståndet mellan andra brytpunkten och värnets övre avslutning

s_{32} = vågräta avståndet mellan andra brytpunkten och värnets övre avslutning i D22:R2-serien

s_{31} = vågräta avståndet mellan andra brytpunkten och värnets övre avslutning i D22:39:R2-serien

Tabell 6.

De föreslagna värnalternativens karakteristiska breddvärden i m.

Alternativ	b_0	b_{b_1}	b_{b_2}	$b_{27,25}$
D22:R213	0,129	0,229	4,323	6,101
D22:R214	0,182	0,182	4,476	5,814
D22:R215	0,161	0,161	4,587	5,577
D22:R216A	0,230	0,110	4,730	5,324
D22:R217A	0,217	0,097	4,801	5,171
D22:R218A	0,206	0,086	4,846	5,082
D22:39:R216B	0,073	0,173	4,615	4,993
D22:39:R217B	0,135	0,135	4,727	4,967
D22:39:R218B	0,125	0,125	4,761	4,959
D22:39:R219	0,113	0,113	4,859	4,921
D22:39:R220	0,172	0,072	4,356	5,146
D22:39:R221	0,165	0,065	4,371	5,147
D22:39:R222	0,158	0,058	4,412	5,132
D22:39:R223	0,151	0,051	4,481	5,102

b_0 = det centrala utskovets basbredd = "tröskelbredd"

b_{b_1} = värnbredd i höjd med första brytpunkten

b_{b_2} = värnbredd i höjd med andra brytpunkten

$b_{27,25}$ = värnbredd i höjd med övre avslutningen på nivån 27,25 mNN
(1900; Bergs fixhöjd)

Tabell 7.
=====

Några karakteristiska höjder (i m) över de föreslagna överfallsvärnens trösklar.

Alternativ	h'_3	h_2	h'_1	h_a	h_b	$\Delta h_{1,a}$	$\Delta h_{1,b}$
D22:R213	1,000	0,740	0,621	0,559	0,491	0,062	0,130
D22:R214	0,970	0,710	0,591	0,523	0,453	0,067	0,139
D22:R215	1,020	0,760	0,641	0,568	0,490	0,073	0,151
D22:R216A	0,970	0,710	0,591	0,512	0,432	0,079	0,159
D22:R217A	1,000	0,740	0,621	0,537	0,452	0,084	0,169
D22:R218A	1,030	0,770	0,650	0,560	0,471	0,090	0,179
D22:39:R216B	1,190	0,930	0,811	0,735	0,651	0,076	0,160
D22:39:R217B	1,100	0,840	0,721	0,639	0,551	0,082	0,170
D22:39:R218B	1,140	0,880	0,760	0,672	0,580	0,088	0,180
D22:39:R219	1,190	0,930	0,812	0,719	0,620	0,092	0,191
D22:39:R220	1,120	0,860	0,732	0,632	0,531	0,101	0,201
D22:39:R221	1,150	0,890	0,760	0,654	0,549	0,107	0,211
D22:39:R222	1,180	0,920	0,790	0,678	0,568	0,113	0,222
D22:39:R223	1,210	0,950	0,822	0,705	0,589	0,117	0,233

h'_3 = höjden över tröskeln av den nivå där dämpningsverkan upphör

h_2 = andra brytpunktens höjd över tröskeln

h'_1 = höjden över tröskeln av den nivå där vattenföringen är $0,150 \text{ m}^3/\text{s}$
(h'_1 är approximativt lika med h_1)

h_a = höjden över tröskeln av den nivå där vattenföringen är $0,125 \text{ m}^3/\text{s}$

h_b = höjden över tröskeln av den nivå där vattenföringen är $0,100 \text{ m}^3/\text{s}$

$\Delta h_{1,a}$ = den vattenståndssänkning som erfordras för att vattenföringen skall minska från $0,150 \text{ m}^3/\text{s}$ till $0,125 \text{ m}^3/\text{s}$

$\Delta h_{1,b}$ = den vattenståndssänkning som erfordras för att vattenföringen skall minska från $0,150 \text{ m}^3/\text{s}$ till $0,100 \text{ m}^3/\text{s}$

Tabell 8.
=====

Utströmningsskoefficienternas konstanter (C_{μ_i}) och exponenter (α_i)
för de föreslagna överfallsvärnen.

Alternativ	C_{μ_1}	α_1	C_{μ_2}	α_2	C_{μ_3}	α_3
D22:R213	0,6179	0,0100	0,6286	0,0458	0,6400	0,1054
D22:R214	0,6183	0,0100	0,6294	0,0437	0,6420	0,1017
D22:R215	0,6178	0,0100	0,6281	0,0471	0,6386	0,1079
D22:R216A	0,6183	0,0100	0,6294	0,0437	0,6420	0,1017
D22:R217A	0,6179	0,0100	0,6286	0,0458	0,6400	0,1054
D22:R218A	0,6177	0,0100	0,6278	0,0478	0,6379	0,1091
D22:39:R216B	0,6163	0,0100	0,6226	0,0586	0,6258	0,1288
D22:39:R217B	0,6170	0,0100	0,6257	0,0525	0,6329	0,1177
D22:39:R218B	0,6167	0,0100	0,6244	0,0552	0,6298	0,1226
D22:39:R219	0,6163	0,0100	0,6226	0,0586	0,6258	0,1288
D22:39:R220	0,6169	0,0100	0,6246	0,0494	0,6313	0,1202
D22:39:R221	0,6167	0,0100	0,6237	0,0513	0,6290	0,1239
D22:39:R222	0,6165	0,0100	0,6228	0,0532	0,6266	0,1276
D22:39:R223	0,6162	0,0100	0,6218	0,0550	0,6242	0,1312

Beträffande beteckningarnas betydelse se avd. 3.4.1., s. 9-10.

Tabell 9:1.

Konstanter i flödesekvationerna /6/ och /6'/.

Alternativ	a_{11}	α_1	a_2	a_3	a'_{11}
D22:R213	0,3649	0,0100	0,645	0,3226	
D22:R214	0,3651	0,0100	0,910	0,0000	0,3322
D22:R215	0,3648	0,0100	0,805	0,0000	0,2936
D22:R216A	0,3651	0,0100	1,150	-0,4068	
D22:R217A	0,3649	0,0100	1,085	-0,3871	
D22:R218A	0,3647	0,0100	1,030	-0,3692	
D22:39:R216B	0,3639	0,0100	0,365	0,2469	
D22:39:R217B	0,3643	0,0100	0,675	0,0000	0,2459
D22:39:R218B	0,3642	0,0100	0,625	0,0000	0,2276
D22:39:R219	0,3639	0,0100	0,565	0,0000	0,2056
D22:39:R220	0,3643	0,0100	0,860	-0,2740	
D22:39:R221	0,3642	0,0100	0,825	-0,2632	
D22:39:R222	0,3640	0,0100	0,790	-0,2532	
D22:39:R223	0,3639	0,0100	0,755	-0,2439	

För $s_1 \neq 0$ gäller: $q_1 = a_{11} \cdot h^{\alpha_1} \cdot (a_2 \cdot h^{1,5} + a_3 \cdot h^{2,5})$ /6/För $s_1 = 0$ gäller: $q'_1 = a'_{11} \cdot h^{1,5 + \alpha_1}$ /6'/Dessa formler gäller för $0,02 \text{ m} \leq h \leq h_1$

Tabell 9:2.

Konstanter i flödesekvationen /7/.

Alternativ	a_{12}	α_2	a_2	a_3	a_4	h_1
D22:R213	0,3712	0,0458	0,645	0,3226	67,91	0,620
D22:R214	0,3716	0,0437	0,910	0,0000	71,57	0,590
D22:R215	0,3709	0,0471	0,805	0,0000	73,77	0,640
D22:R216A	0,3716	0,0437	1,150	-0,4068	77,41	0,590
D22:R217A	0,3712	0,0458	1,085	-0,3871	78,79	0,620
D22:R218A	0,3707	0,0478	1,030	-0,3692	79,70	0,650
D22:39:R216B	0,3677	0,0586	0,365	0,2469	73,79	0,810
D22:39:R217B	0,3695	0,0525	0,675	0,0000	76,53	0,720
D22:39:R218B	0,3687	0,0552	0,625	0,0000	77,27	0,760
D22:39:R219	0,3677	0,0586	0,565	0,0000	79,10	0,810
D22:39:R220	0,3688	0,0494	0,860	-0,2740	66,21	0,730
D22:39:R221	0,3683	0,0513	0,825	-0,2632	66,51	0,760
D22:39:R222	0,3677	0,0532	0,790	-0,2531	67,24	0,790
D22:39:R223	0,3671	0,0550	0,755	-0,2439	68,40	0,820

$$q_2 = a_{12} \cdot h^{\alpha_2} \cdot (a_2 \cdot h^{1,5} + a_3 \cdot h^{2,5} + a_4 \cdot (h - h_1)^{2,5})$$

$$h_1 \leq h \leq h_2$$

/7/

Tabell 9:3.
=====

Konstanter i flödesekvation /8/.

Alternativ	a_{13}	α_3	a_2	a_3	a_4	h_1	a_5	h_2
<u>D22:</u>								
R213	0,3779	0,1054	0,645	0,3226	67,91	0,62	-56,06	0,74
R214	0,3791	0,1017	0,910	0,0000	71,57	0,59	-62,65	0,71
R215	0,3771	0,1079	0,805	0,0000	73,77	0,64	-67,17	0,76
R216A	0,3791	0,1017	1,150	-0,4068	77,41	0,59	-73,45	0,71
R217A	0,3779	0,1054	1,085	-0,3871	78,79	0,62	-76,32	0,74
R218A	0,3767	0,1091	1,030	-0,3692	79,70	0,65	-78,13	0,77
<u>D22:39:</u>								
R216B	0,3695	0,1288	0,365	0,2469	73,79	0,81	-67,97	0,93
R217B	0,3737	0,1177	0,675	0,0000	76,53	0,72	-72,84	0,84
R218B	0,3719	0,1226	0,625	0,0000	77,27	0,76	-74,21	0,88
R219	0,3695	0,1288	0,565	0,0000	79,10	0,81	-78,15	0,93
R220	0,3728	0,1202	0,860	-0,2740	66,21	0,73	-54,09	0,86
R221	0,3714	0,1239	0,825	-0,2632	66,51	0,76	-54,58	0,89
R222	0,3700	0,1276	0,790	-0,2532	67,24	0,79	-56,16	0,92
R223	0,3686	0,1312	0,755	-0,2439	68,40	0,82	-58,85	0,95

$$q_3 = a_{13} \cdot h^{\alpha_3} \cdot (a_2 \cdot h^{1,5} + a_3 \cdot h^{2,5} + a_4 \cdot (h - h_1)^{2,5} + a_5 \cdot (h - h_2)^{2,5})$$

/8/

$$h_2 \leq h \leq (h_2 + \Delta h_{32}) = (H_{g3} - H_0)$$

Tabell 10.
=====

Definitioner av konstanter givna i tabellerna 9:1-3.

Beträffande exponenten α_i , se definition i avd. 3.4.1. (s. 9).

$$a_{1i} = \frac{2 \cdot C_{\mu_i} \cdot \sqrt{2 \cdot g}}{15}$$

C_{μ_i} är definierad i avd. 3.4.1. (s. 9)
och tabulerad i tabell 8, s. B1:8

g = tyngdkraftsaccelerationen (m/s^2)

$$a'_{11} = \frac{2}{3} \cdot b_0 \cdot C_{\mu_i} \cdot \sqrt{2 \cdot g}$$

b_0 är definierad vid och förtecknad i
tabell 6, s. B1:6

$$a_2 = 5 \cdot b_0$$

$$a_3 = \frac{4 \cdot s_1}{h_1}$$

s_1 och h_1 är definierad vid och förteck-
nade i tabell 5, s. B1:5

$$a_4 = \frac{4 \cdot s_2}{\Delta h_{21}} - a_3$$

s_2 och Δh_{21} är definierade vid och för-
tecknade i tabell 5, s. B1:5

$$a_{5(D22:R2)} = \frac{4 \cdot s_{32}}{\Delta h_{32}} - a_4$$

$$a_{5(D22:39:R2)} = \frac{4 \cdot s_{31}}{\Delta h_{32}} - a_4$$

s_{32} , s_{31} och Δh_{32} är definierade vid
och förtecknade i tabell 5, s. B1:5

Tabell 11.
=====

Konstanter i den approximativa funktionen $q \approx c_1 + c_2 \cdot (H - H_0) + c_3 \cdot (H - H_0)^2$ i intervallet $27,25 \leq H \leq 27,38$ samt funktionsvärden för fyra olika H-värden. Funktionen användes endast för D22:39:R2-serien.

Alternativ	c_1	c_2	c_3	q vid H =			
				27,25	27,29	27,33	27,38
D22:39:R216B	39,59	-81,52	42,53	0,959	1,372	1,922	2,800
D22:39:R217B	32,97	-74,54	42,83	0,965	1,376	1,923	2,800
D22:39:R218B	36,12	-78,13	42,90	0,967	1,377	1,923	2,800
D22:39:R219	40,51	-83,04	43,15	0,973	1,380	1,925	2,800
D22:39:R220	33,14	-73,90	41,79	0,943	1,364	1,919	2,800
D22:39:R221	35,41	-76,42	41,80	0,943	1,364	1,919	2,800
D22:39:R222	37,89	-79,19	41,91	0,946	1,365	1,919	2,800
D22:39:R223	40,60	-82,19	42,11	0,950	1,368	1,920	2,800

Bilaga 2

till

Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem
uppströms Lövstabruk. 3: Ytterligare förslag till värnutformningar.

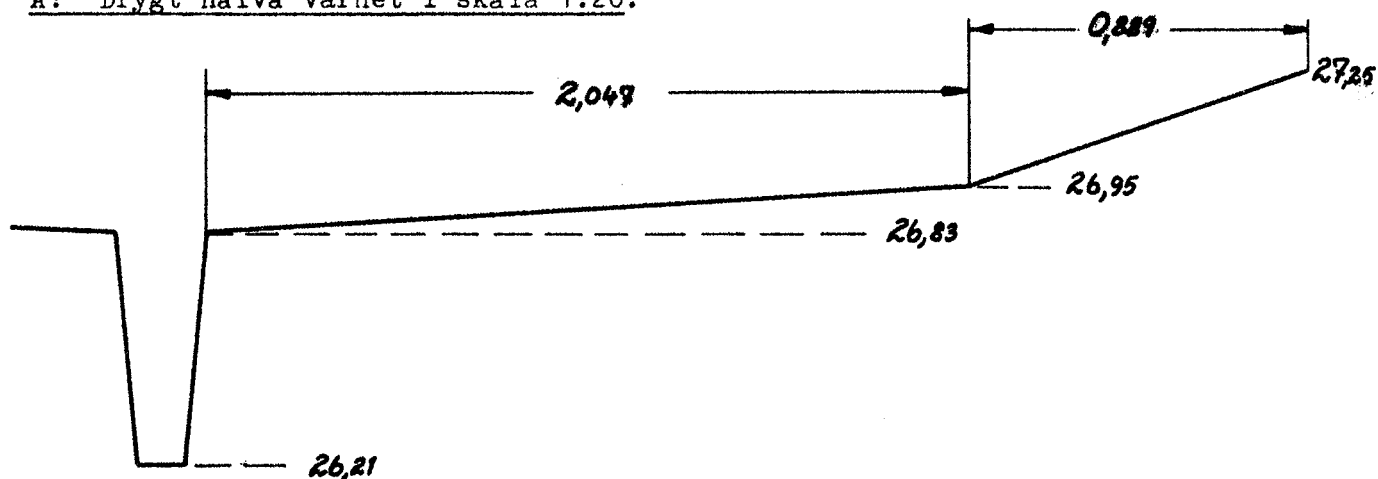
Av Anders Bjerketorp

Skisser utvisande den geometriska utformningen av fyra av de sex fö-
reslagna överfallsvärnen i D22:R2-serien och sex av de åtta föreslag-
värnen i D22:39:R2-serien.

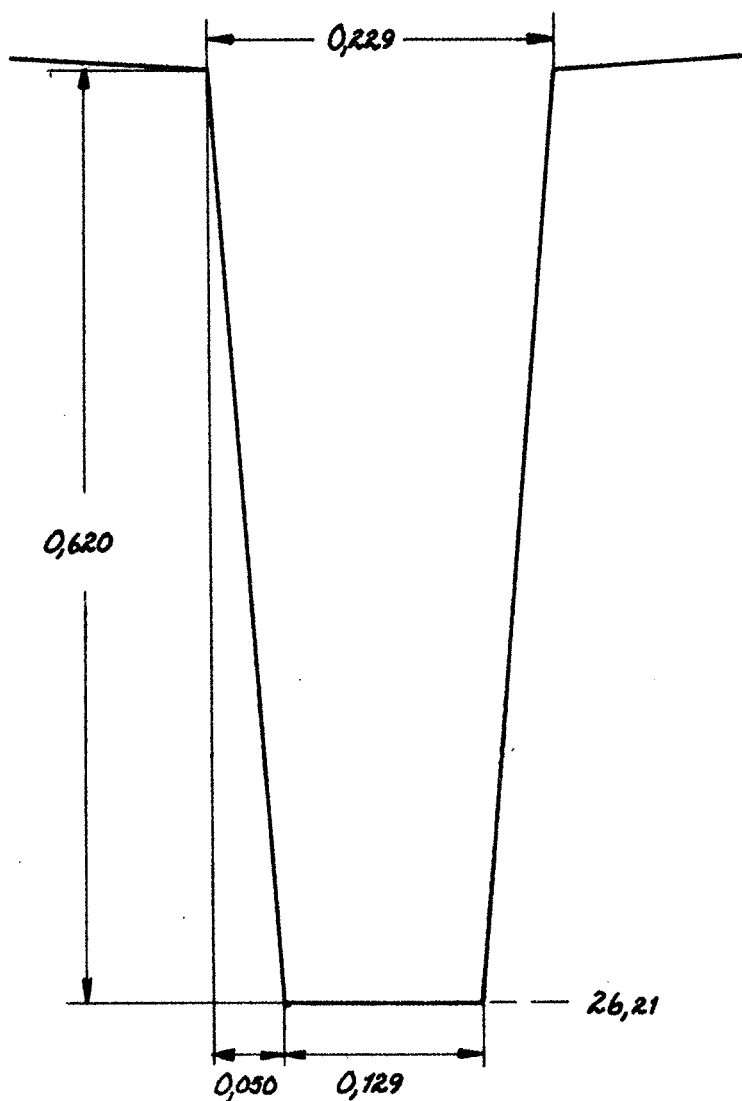
Skiss S1:
=====

Geometrisk form på överfallsvärnet enligt alternativ D22:R213.
Längdmått i m, höjder i MNN(1900; Bergs fixhöjd).

A: Drygt halva värnet i skala 1:20.



B: Centrala utskovet i skala 1:5.

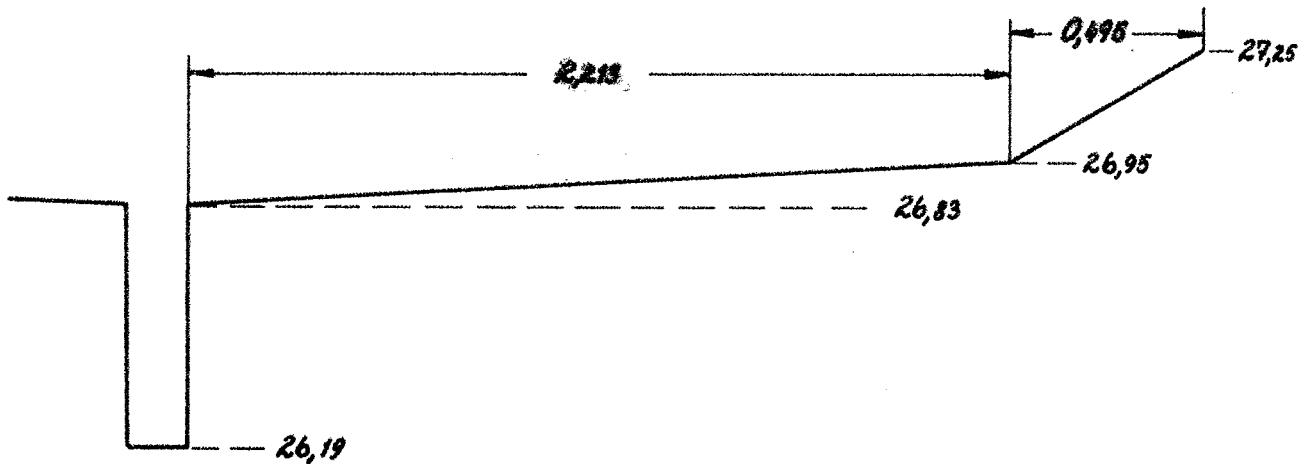


Skiss S2:
=====

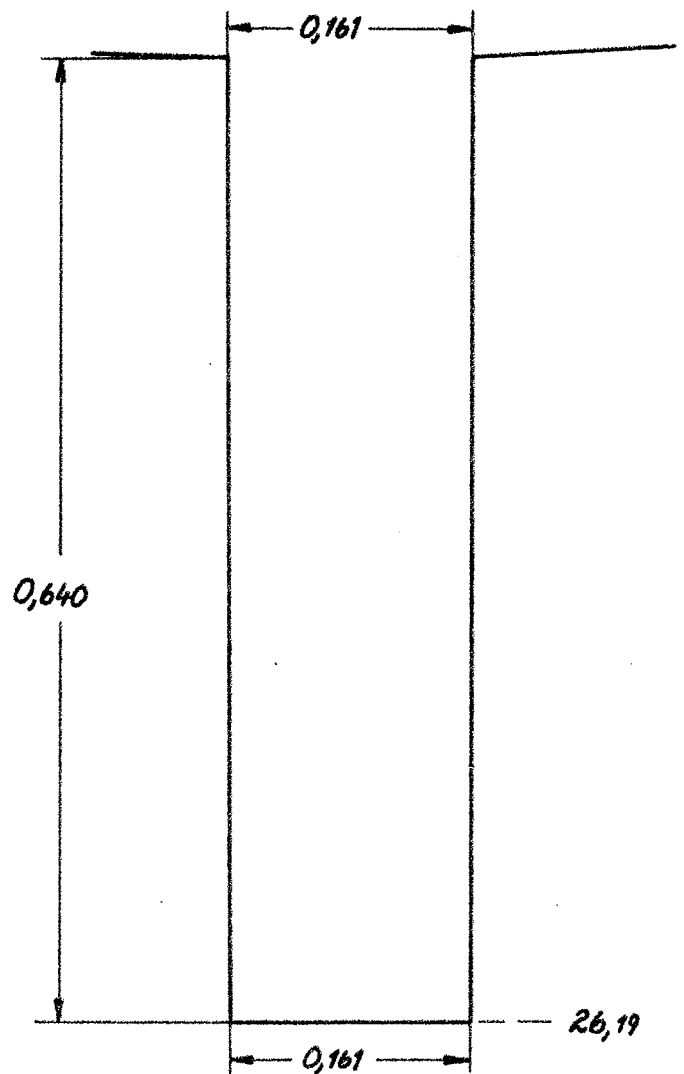
Geometrisk form på överfallsvärnet enligt alternativ D22:R215.

Längdmått i m, höjder i mNN(1900; Bergs fixhöjd).

A: Drygt halva värdet i skala 1:20.



B: Centrala utskovet i skala 1:5.

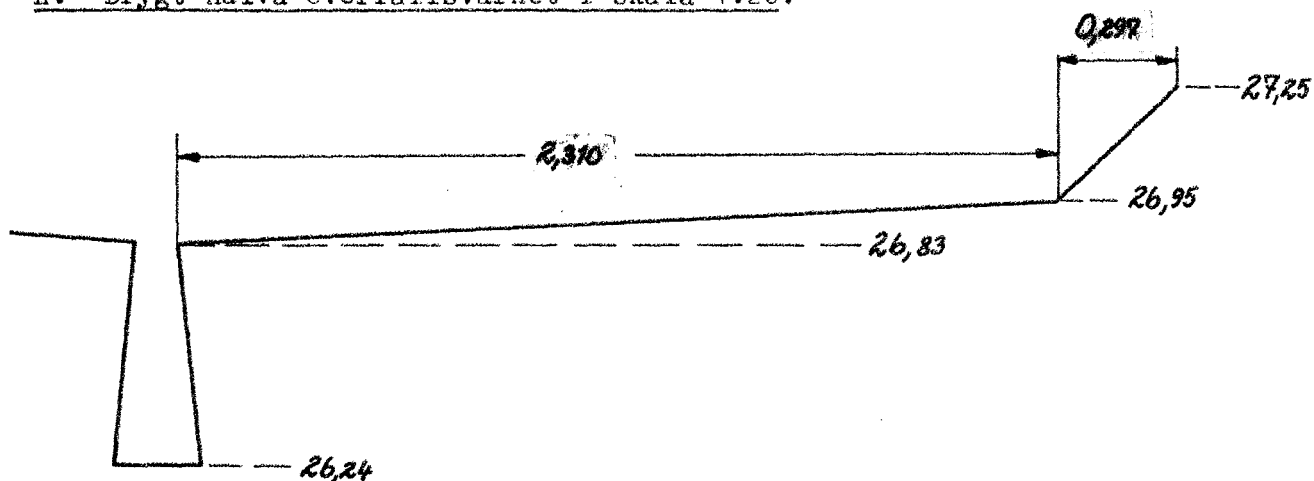


Skiss S3:

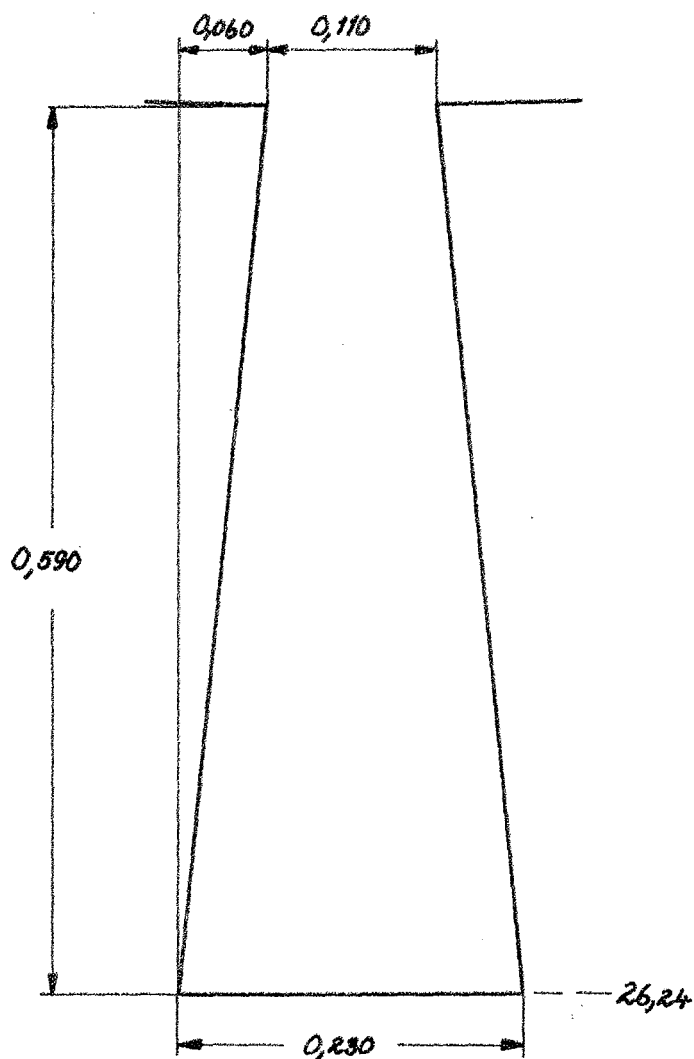
Geometrisk form på överfallsvärnet enligt alternativ D22:R216A.

Längdmått i m, höjder i mNN(1900; Bergs fixhöjd).

A: Drygt halva överfallsvärnet i skala 1:20.



B: Centrala utskovet i skala 1:5.

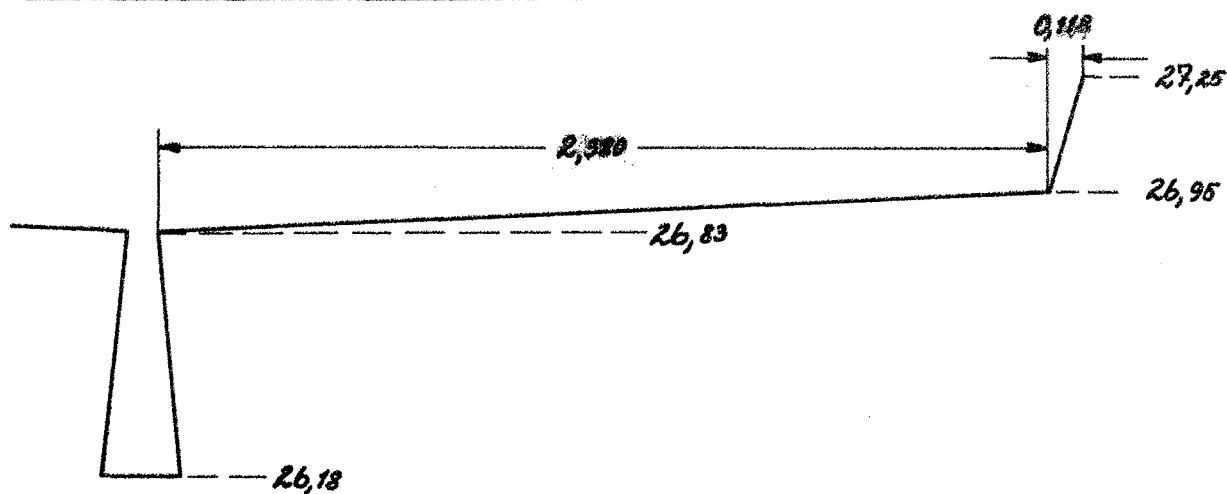


Skiss S4:

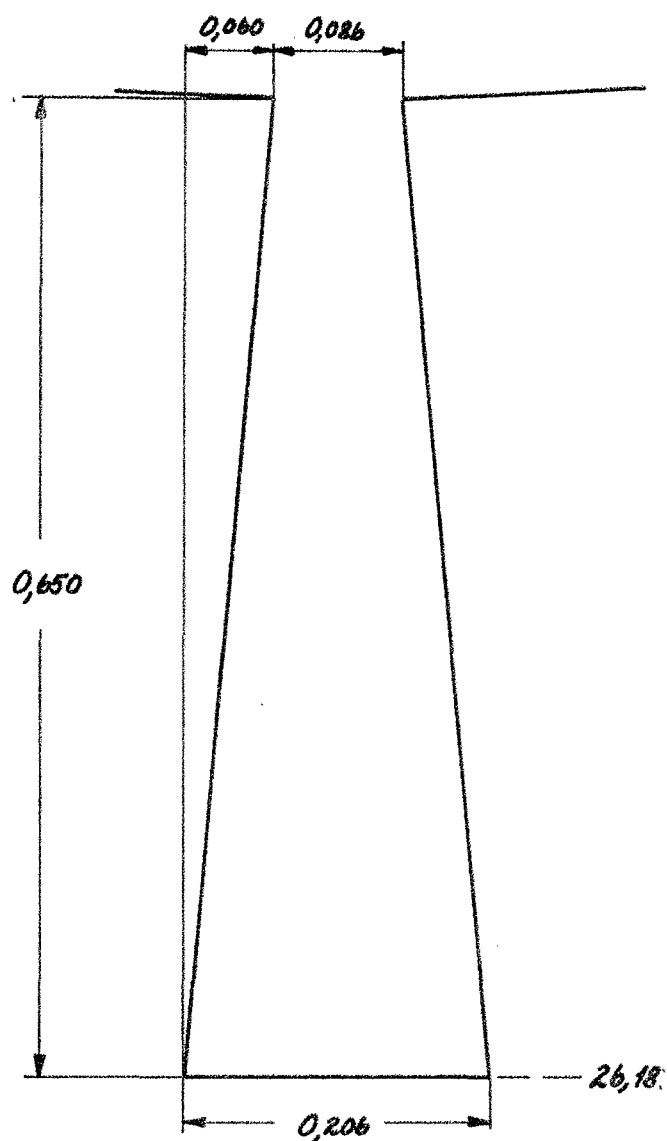
Geometrisk form på överfallsvärnet enligt alternativ D22:R218A.

Längdmått i m, höjder i mNN(1900; Bergs fixhöjd).

A: Drygt halva värnet i skala 1:20.



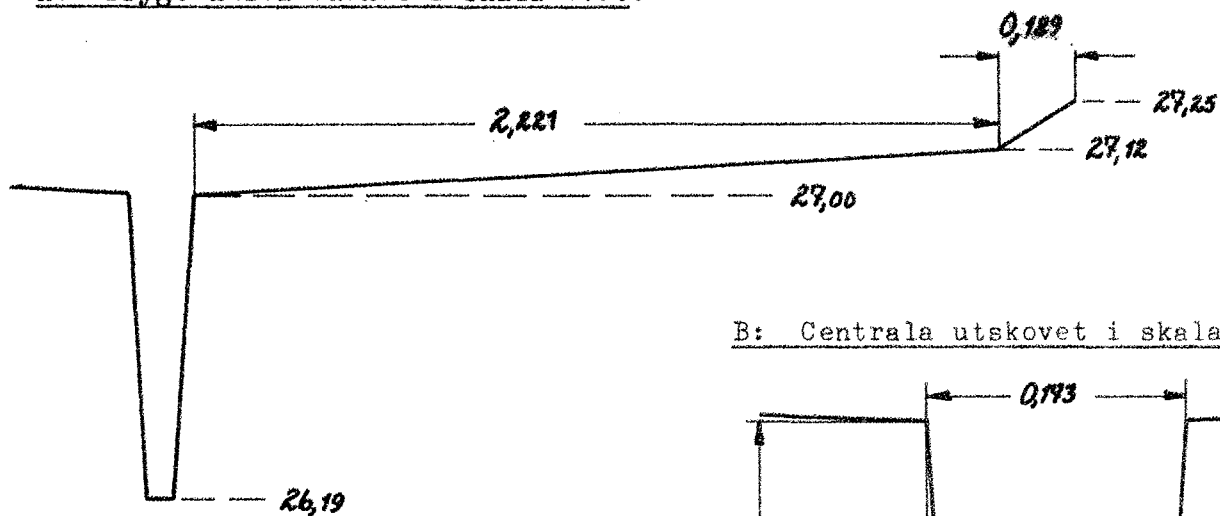
B: Centrala utskovet i skala 1:5.



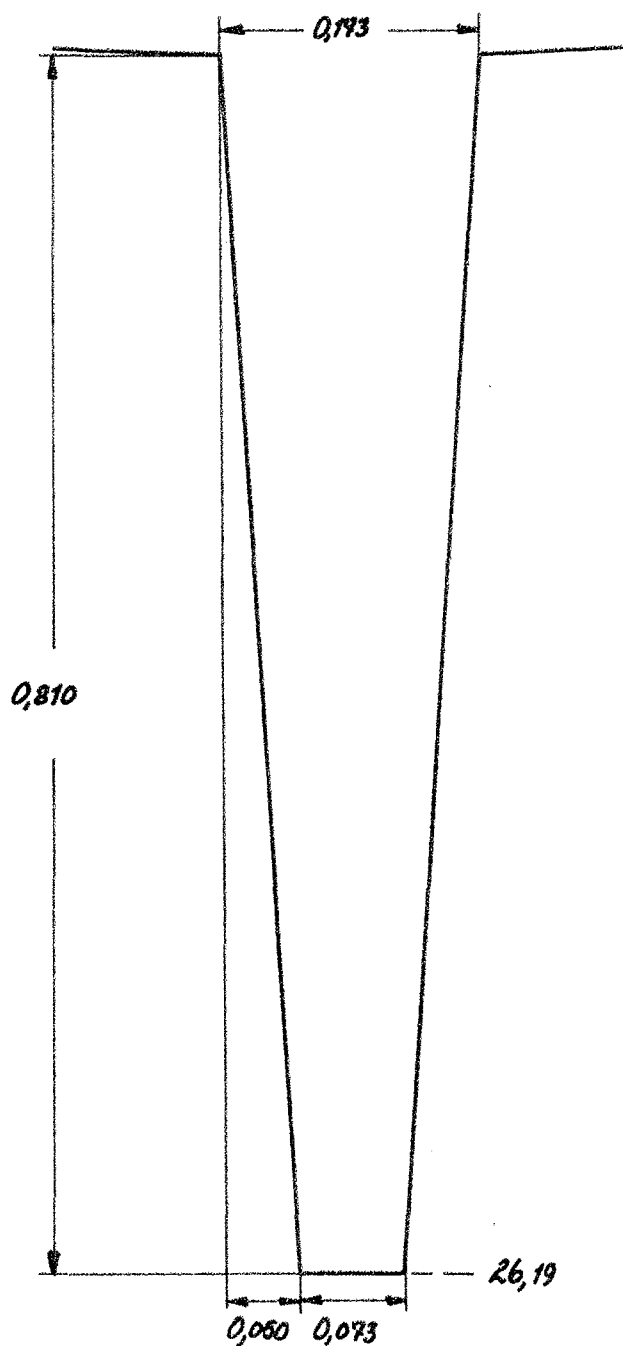
Skiss S5:

Geometrisk form på överfallsvärnet enligt alternativ D22:39:R216B.
Längdmått i m, höjder i mNN(1900; Bergs fixhöjd).

A: Drygt halva värrnet i skala 1:20.



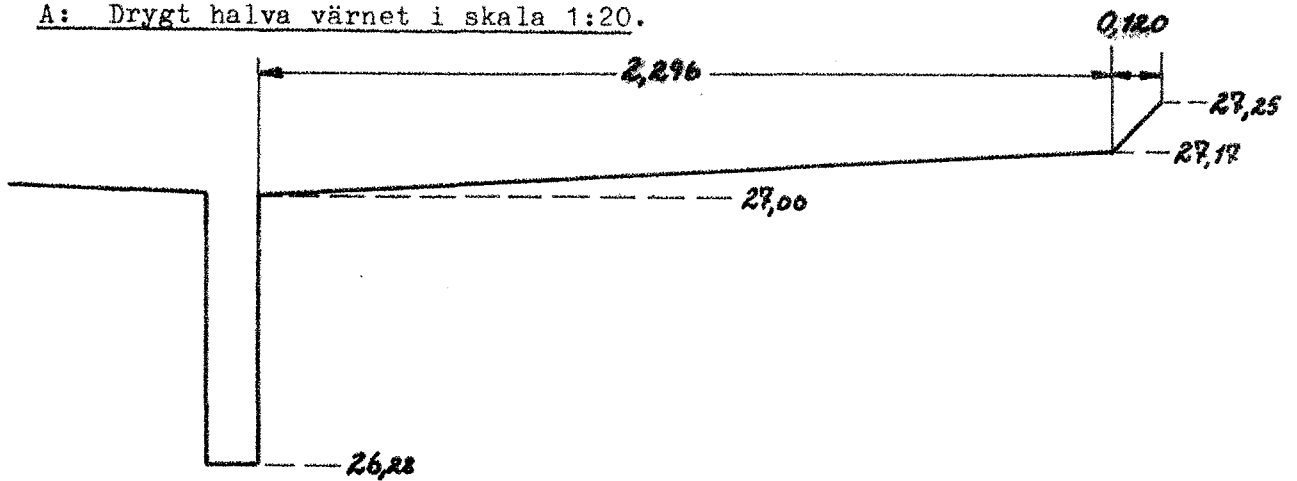
B: Centrala utskovet i skala 1:5.



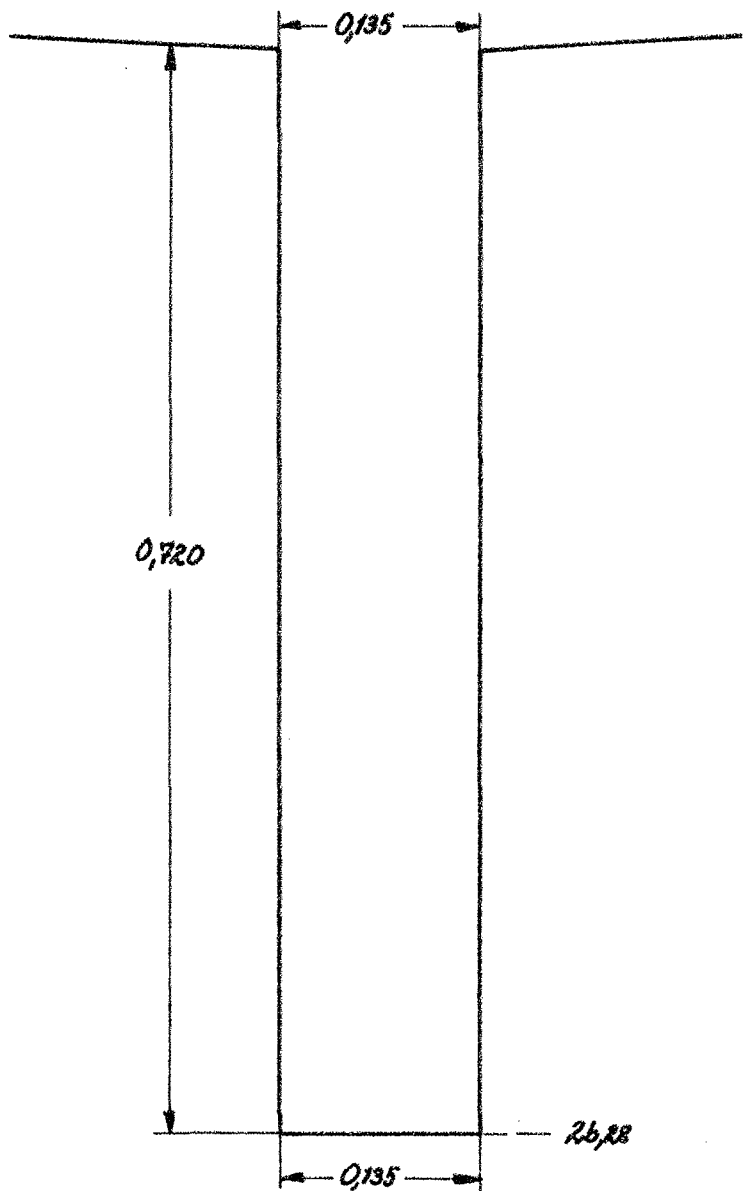
Skiss S6:

Geometrisk form på överfallsvärnet enligt alternativ D22:39:R217B.
Längdmått i m, höjder i mNN(1900; Bergs fixhöjd).

A: Drygt halva värrnet i skala 1:20.



B: Centrala utskovet i skala 1:5.

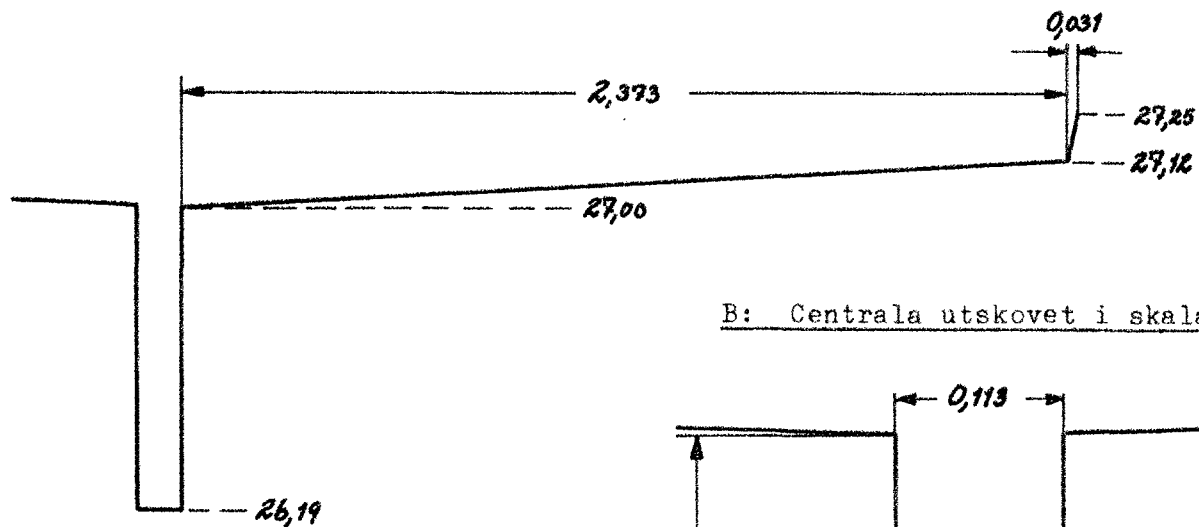


Skiss S7:

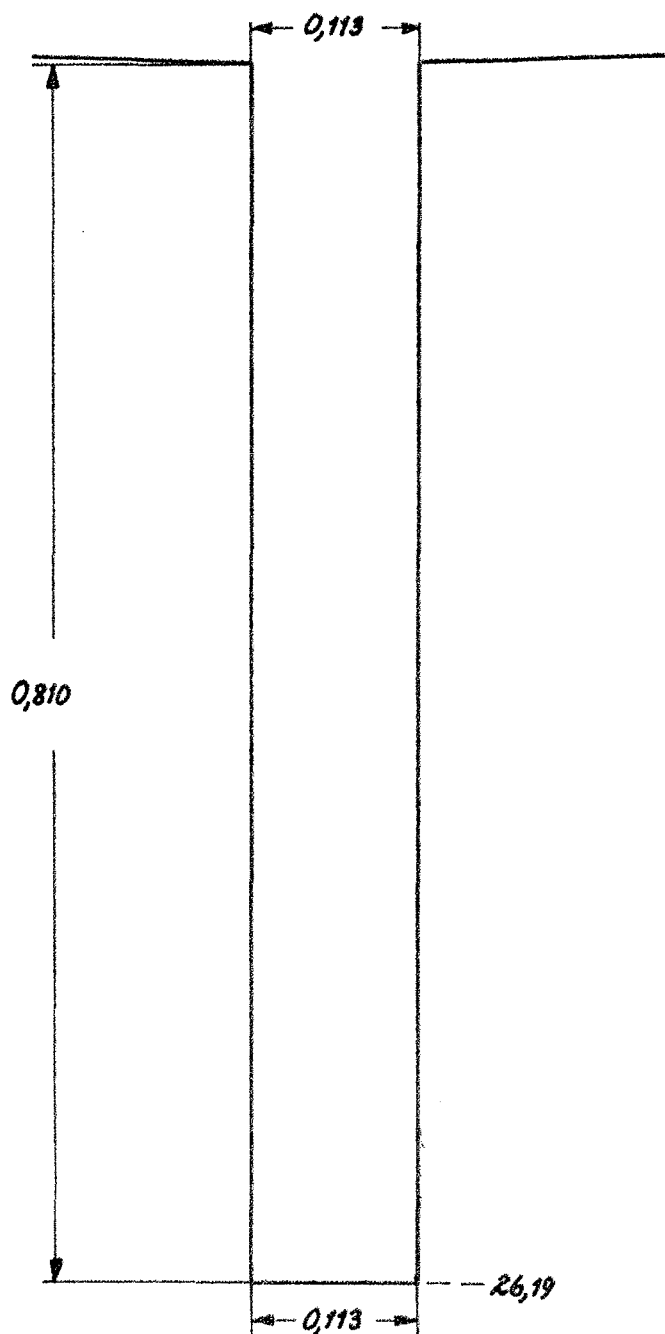
Geometrisk form på överfallsvärnet enligt alternativ D22:39:R219.

Längdmått i m, höjder i mNN(1900; Bergs fixhöjd).

A: Drygt halva värnet i skala 1:20.



B: Centrala utskovet i skala 1:5.

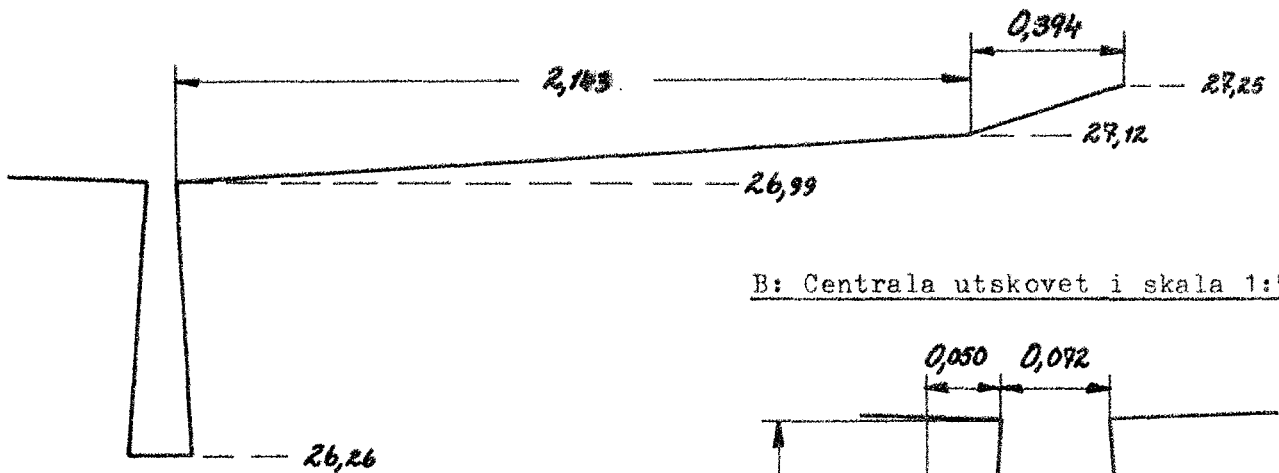


Skiss S8:

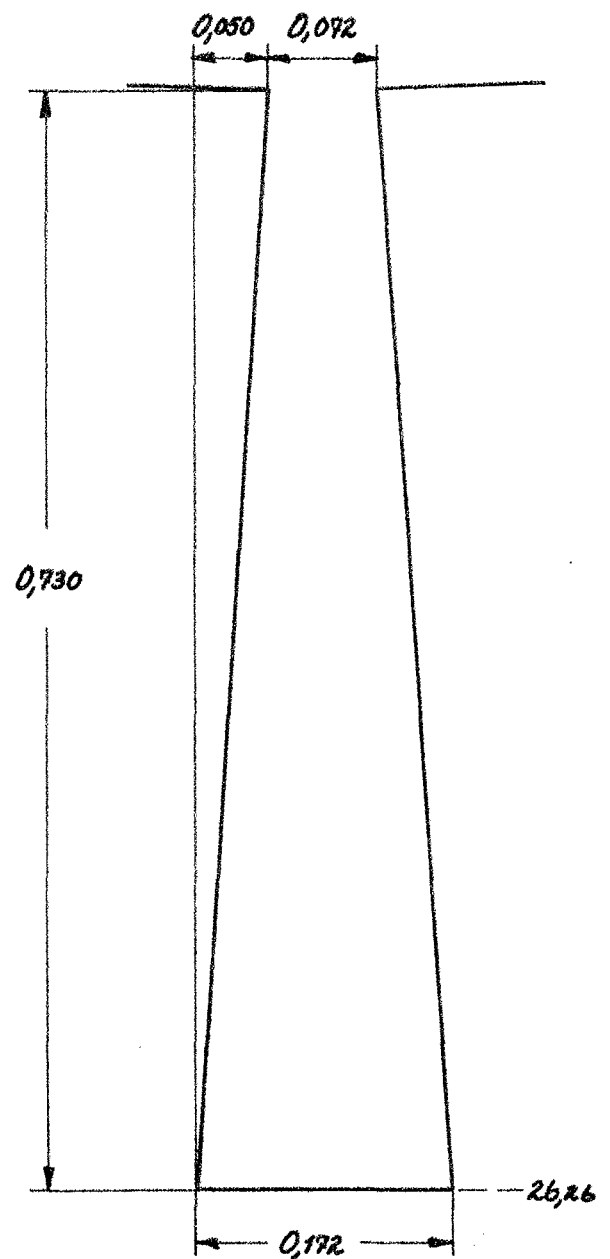
Geometrisk form på överfallsvärnet enligt alternativ D22:39:R220.

Längdmått i m, höjder i mNN(1900; Bergs fixhöjd).

A: Drygt halva värnet i skala 1:20.



B: Centrala utskovet i skala 1:5.

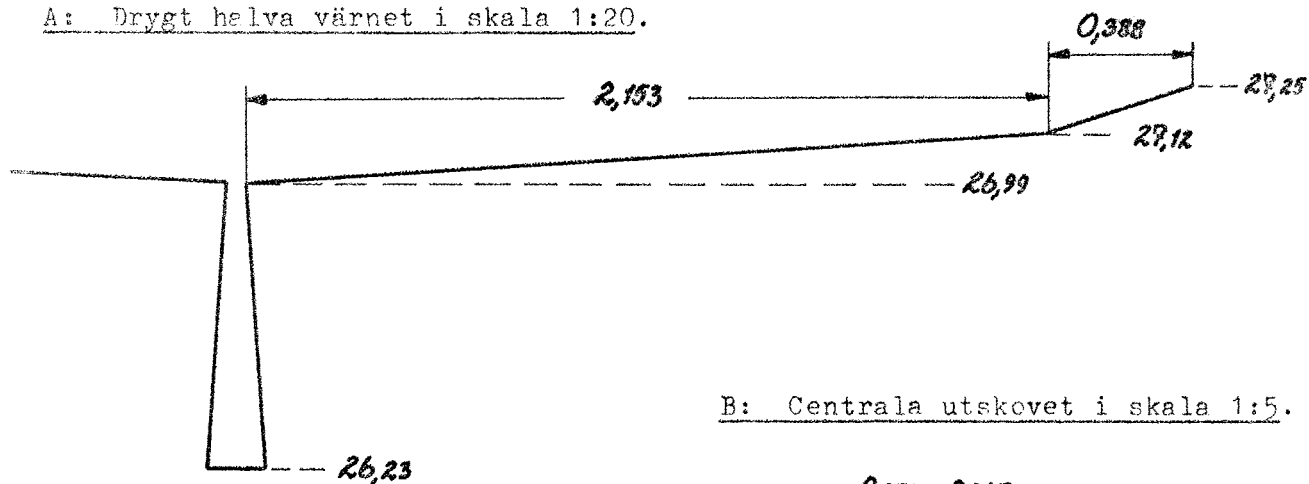


Skiss S9:
=====

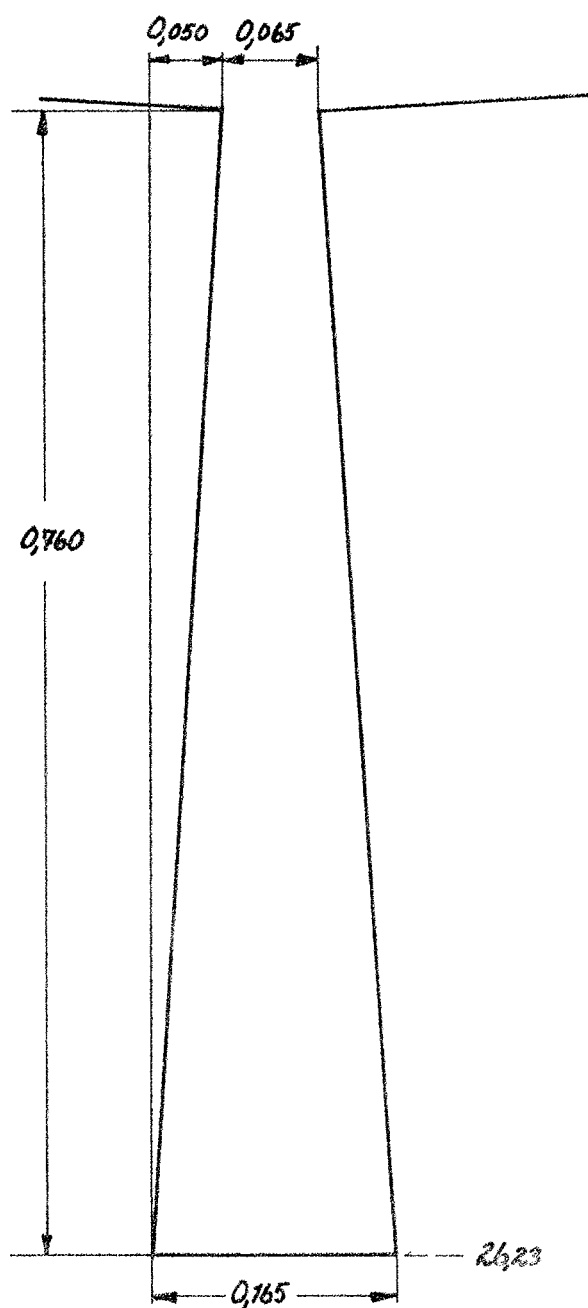
Geometrisk form på överfallsvärnet enligt alternativ D22:39:R221.

Längdmått i m, höjder i mNN(1900; Bergs fixhöjd).

A: Drygt halva värnet i skala 1:20.



B: Centrala utskovet i skala 1:5.

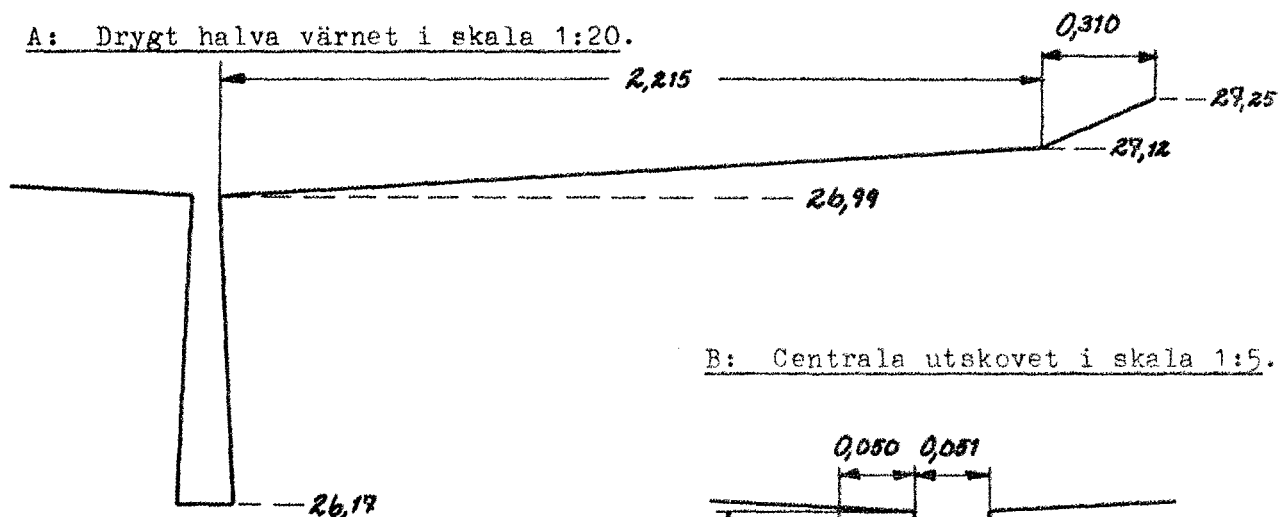


Skiss S10:

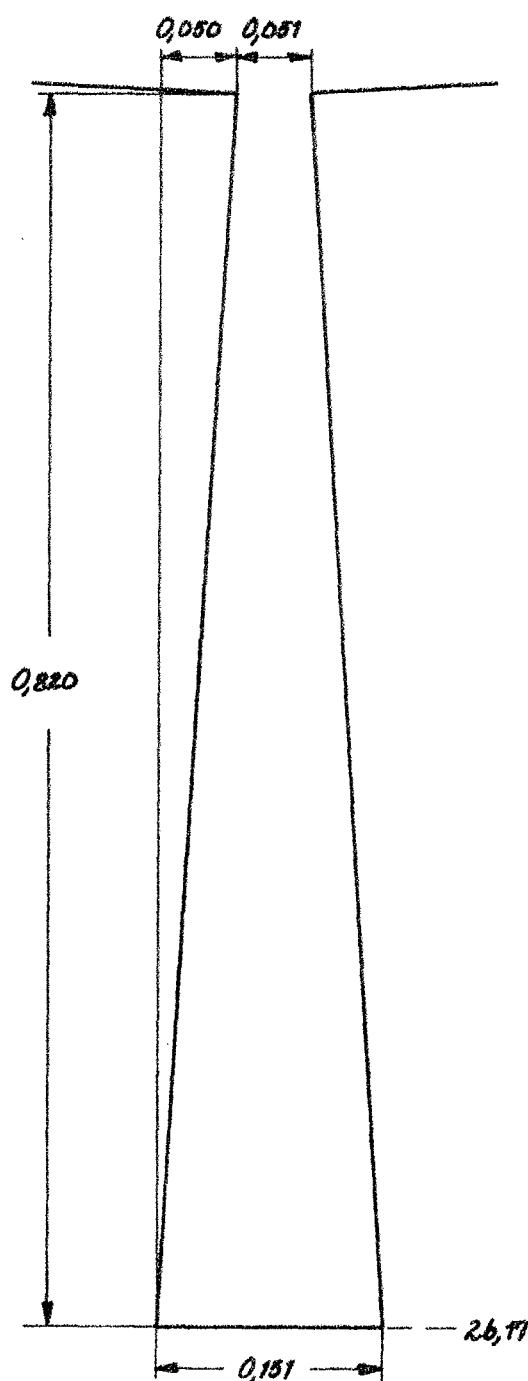
Geometrisk form på överfallsvärnet enligt alternativ D22:39:R223.

Längdmått i m, höjder i mNN(1900; Bergs fixhöjd).

A: Drygt halva värrnet i skala 1:20.



B: Centrala utskovet i skala 1:5.



Bilaga 3

till

Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem
uppströms Lövstabruk. 3: Ytterligare förslag till värnutformningar.

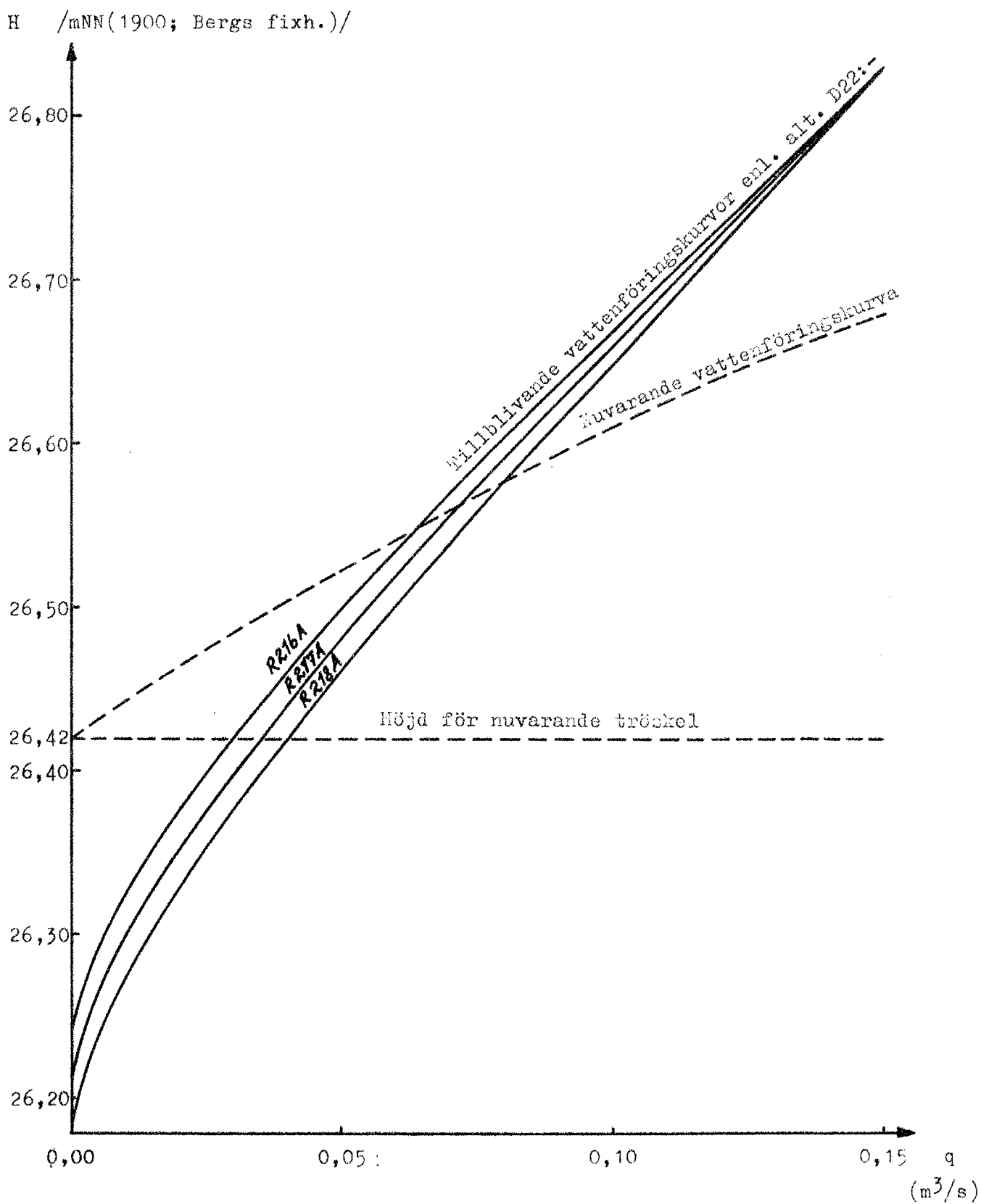
Av Anders Bjerketorp

Vattenföringskurvor för några av de föreslagna värnalternativen
=====

i D22:R2-serien respektive i D22:39:R2-serien
=====

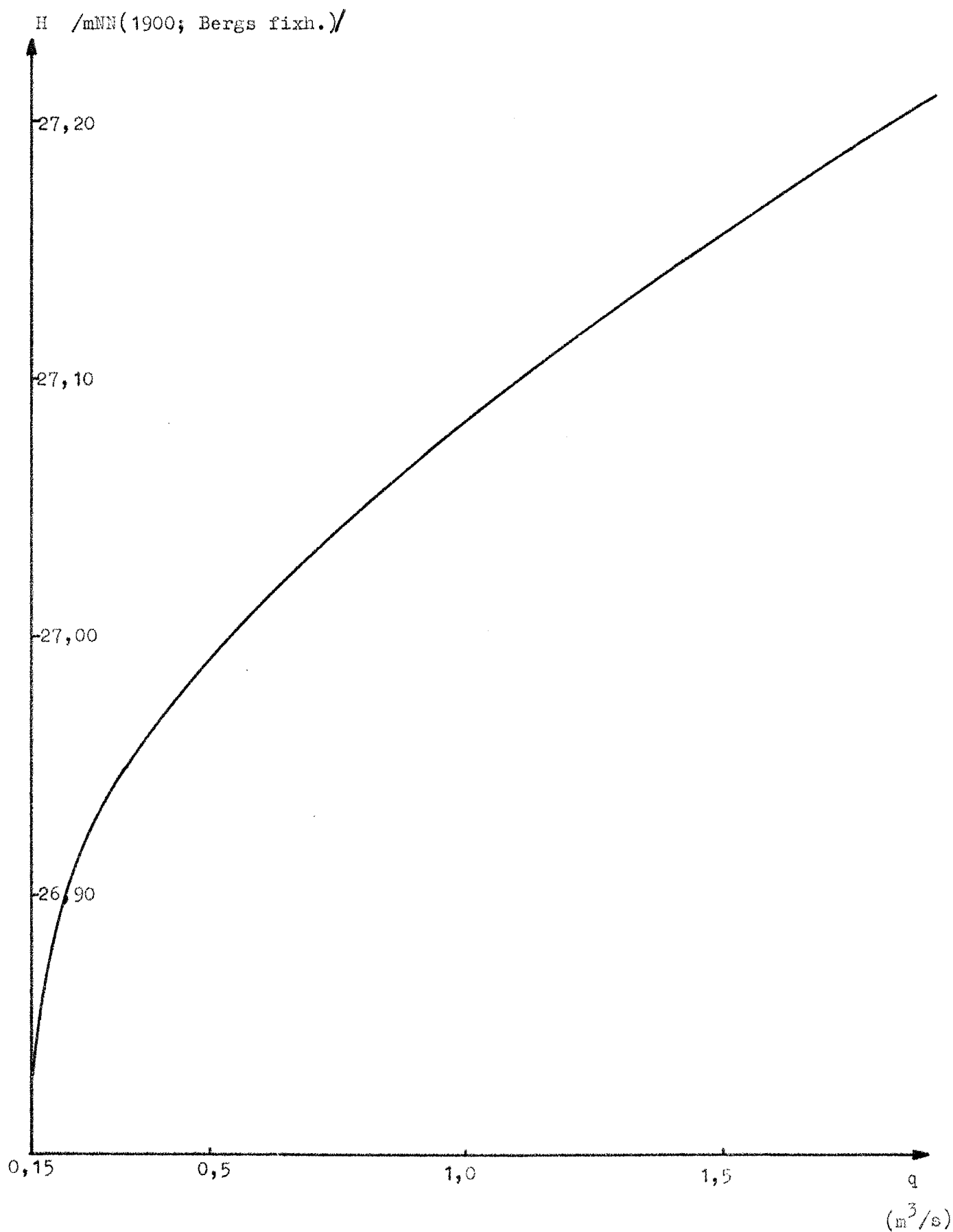
Kurvfigur K1:

Vattenföringskurvor i q-intervallet 0,00 - 0,15 m³/s
för värnalternativen D22:R216A, D22:R217A och D22:R218A.



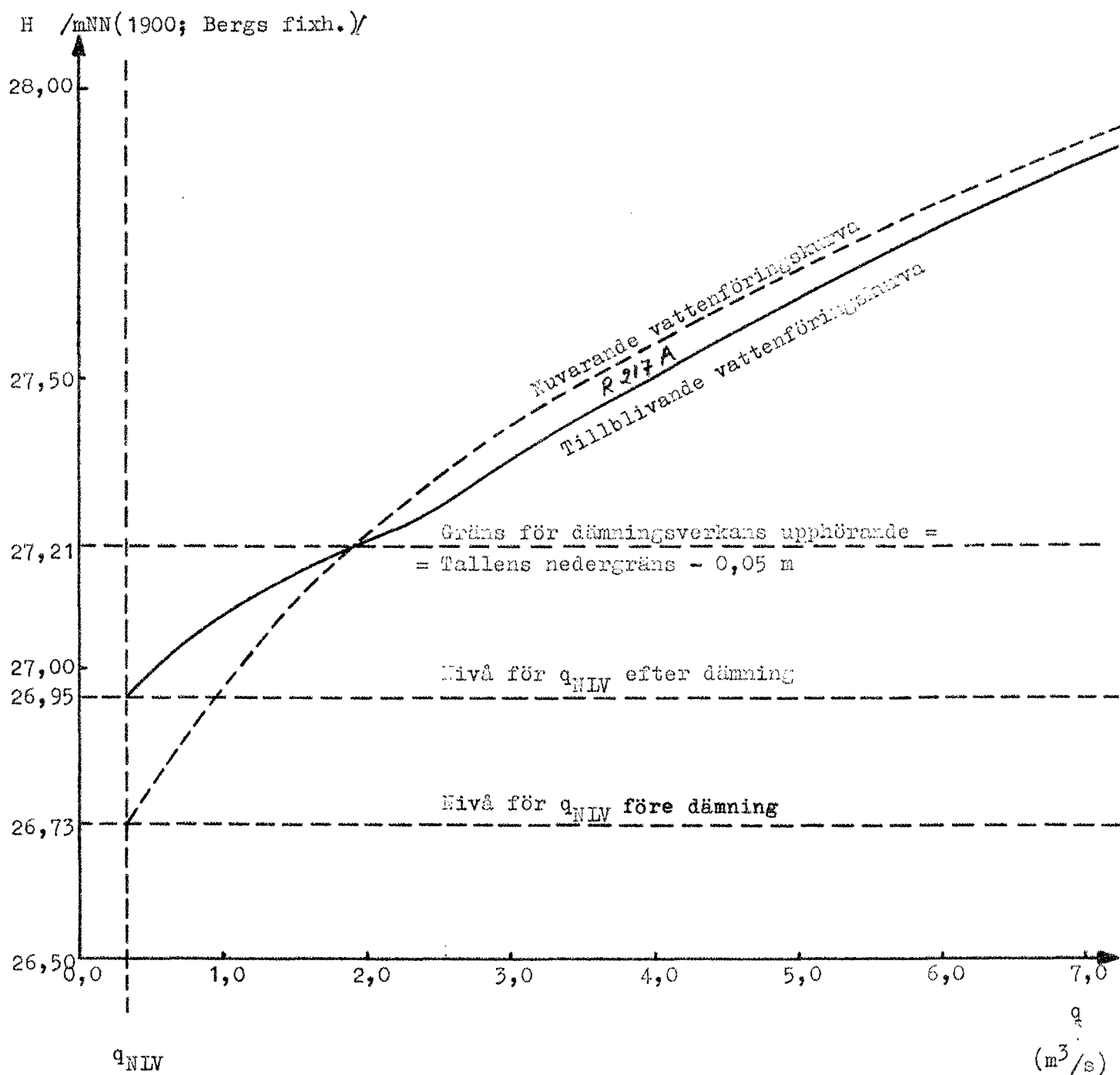
Kurvfigur K2:
=====

Vattenföringskurva för q-intervallet 0,15 - 1,92 m³/s
för alternativ D22:R217A.



Kurvfigur K3:

Vattenföringskurva i q-intervallet 0,33 - 7,0 m³/s
för värnalternativ D22:R217A.



H

Kurvfigur K4:

/mNN(1900)/

Vattenföringskurvor i q-intervallet 0,00 - 0,15 m³/s
för värnalternativen

D22:39:R219,

D22:39:R220,

D22:39:R221,

D22:39:R222 och

D22:39:R223.

26,90

26,80

26,73

26,70

26,60

26,50

26,42

26,40

26,30

26,20

Nivå för g_{NLV} före dämning

Tillblivande vattenföringskurvor enl. alternativ D22:39:
R219 R220 R221 R222 R223

Nuvarande vattenföringskurva

Höjd över nuvarande tröskel

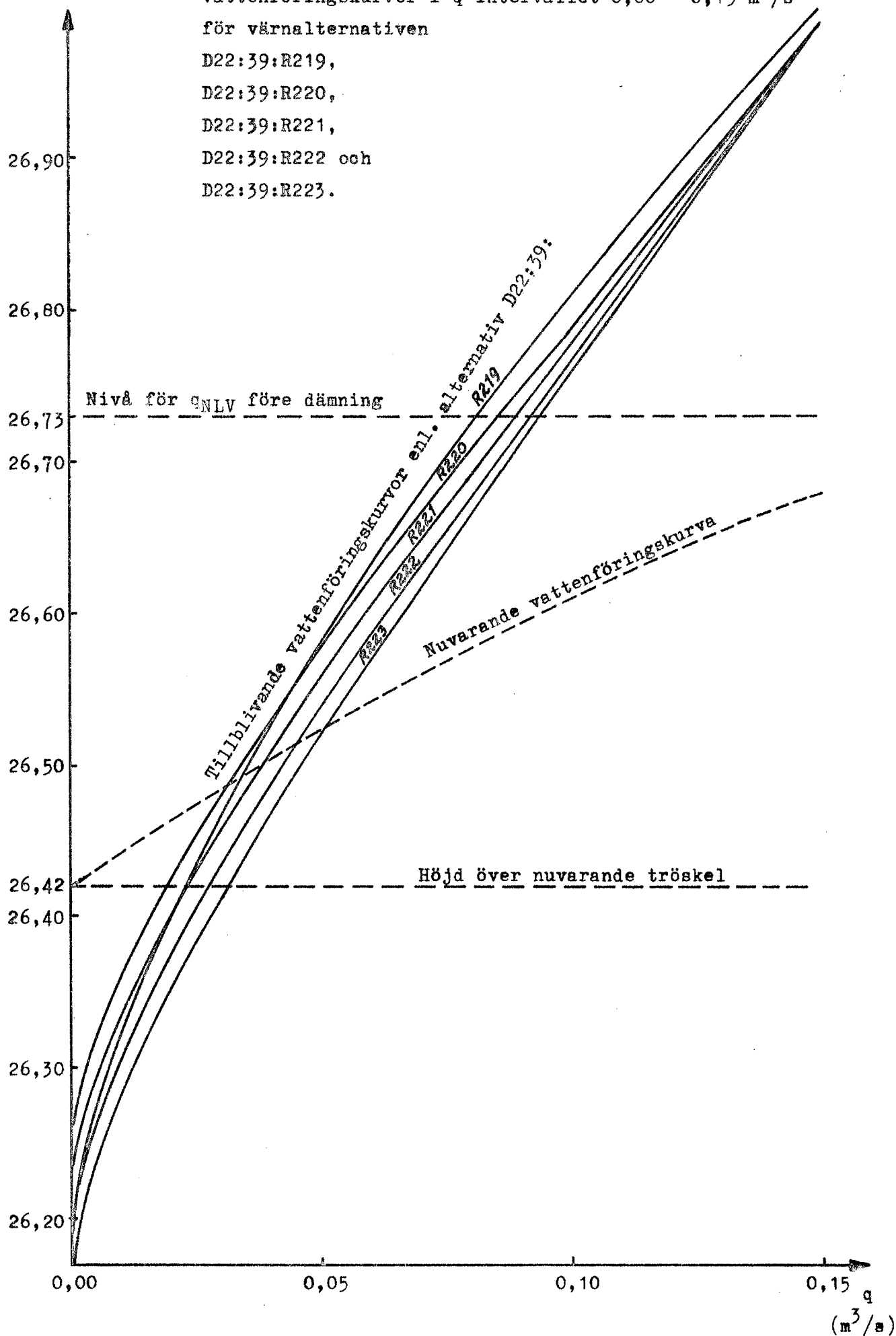
0,00

0,05

0,10

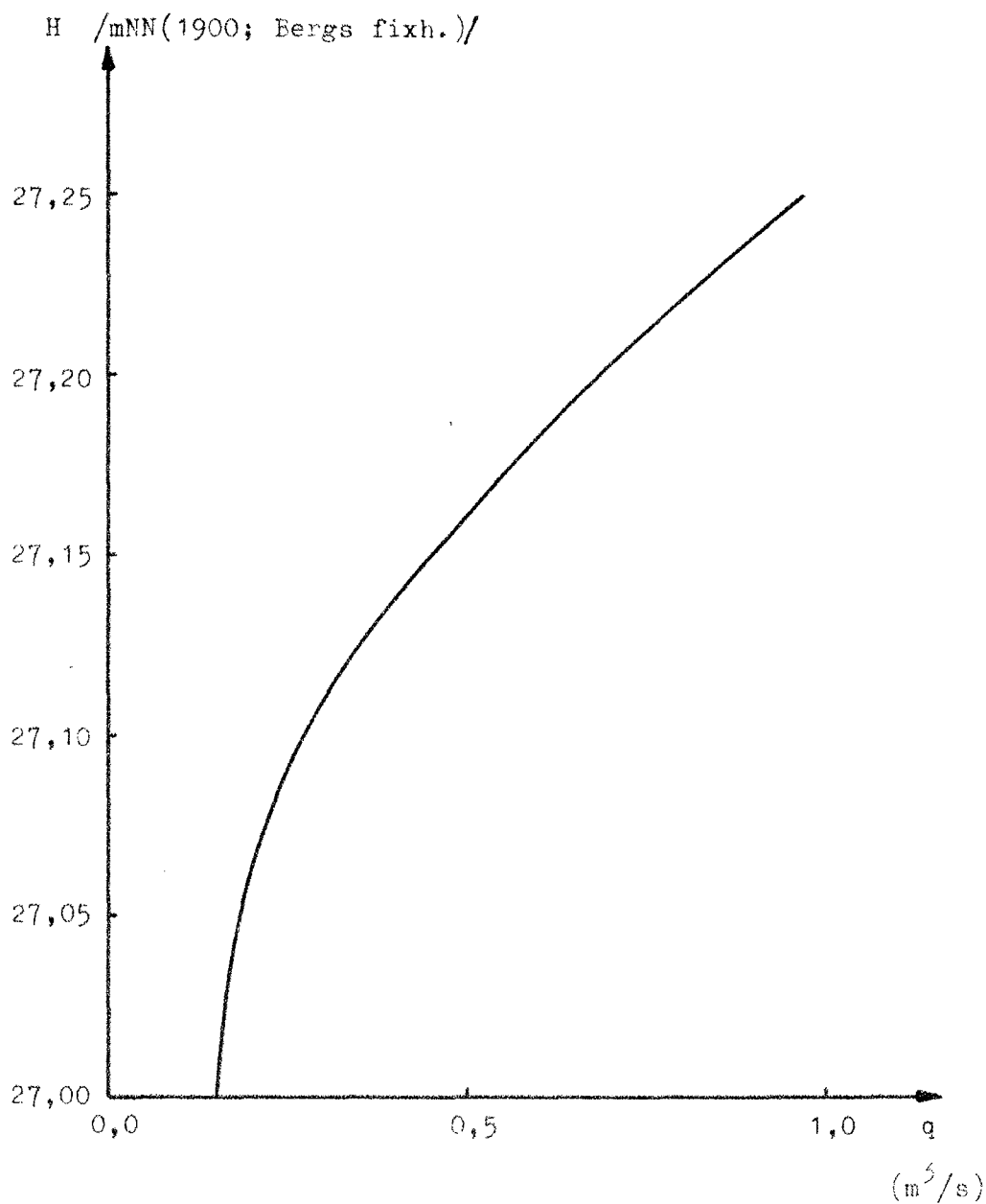
0,15

q
(m³/s)



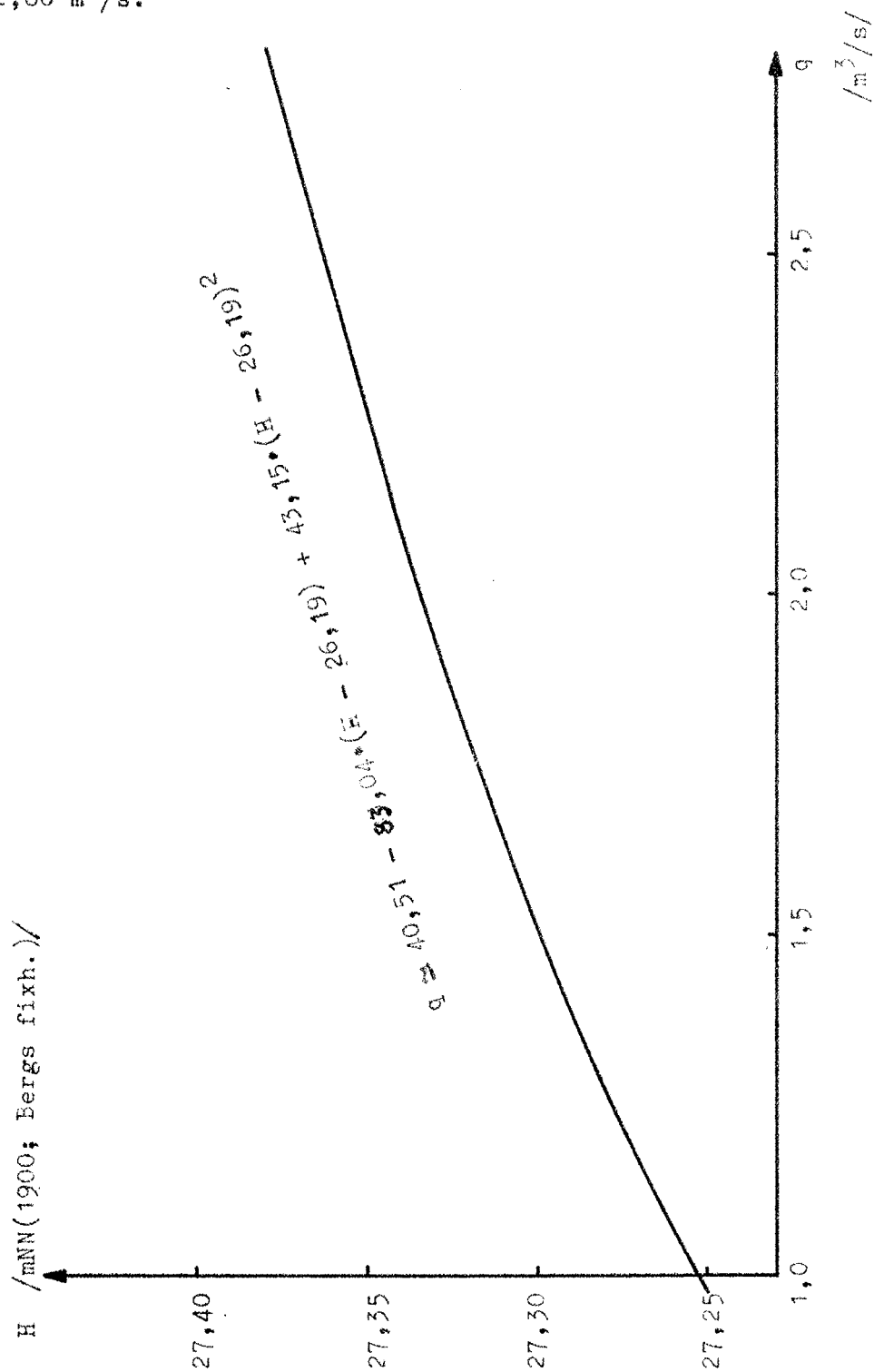
Kurvfigur K5:

Vattenföringskurva i H-intervallet 27,00 - 27,25 mNN(1900; Bergs fixhöjd) för värnalternativ D22:39:R219. Motsvarande q-intervall är 0,15 - 0,97 m³/s.



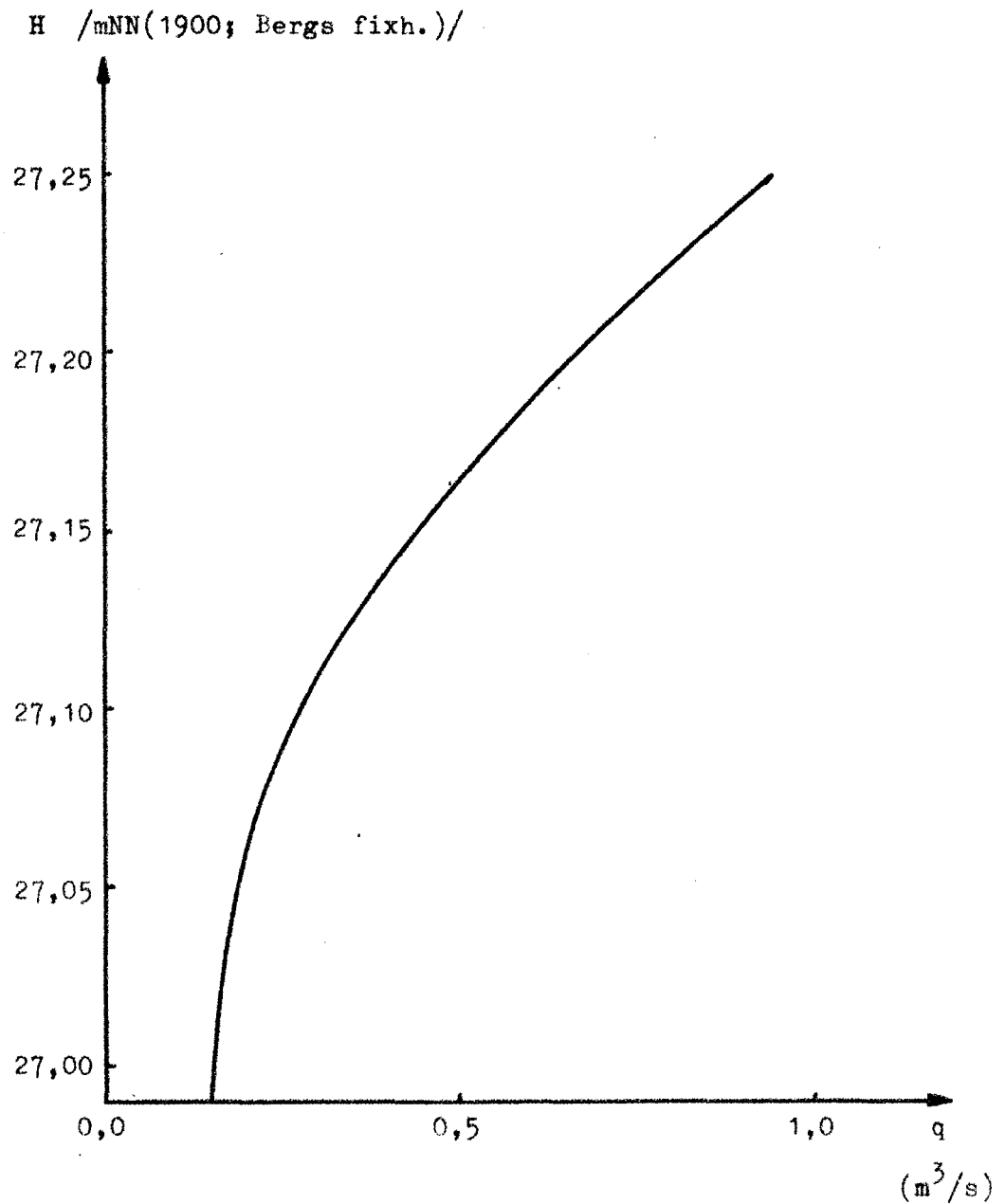
Kurvfigur K6:
=====

Approximativ vattenföringskurva i H-intervallet 27,25 - 27,38 mNN(1900; Bergs fixhöjd) för värnalternativ D22:39:R219. Motsvarande q-intervall är 0,97 - 2,80 m³/s.



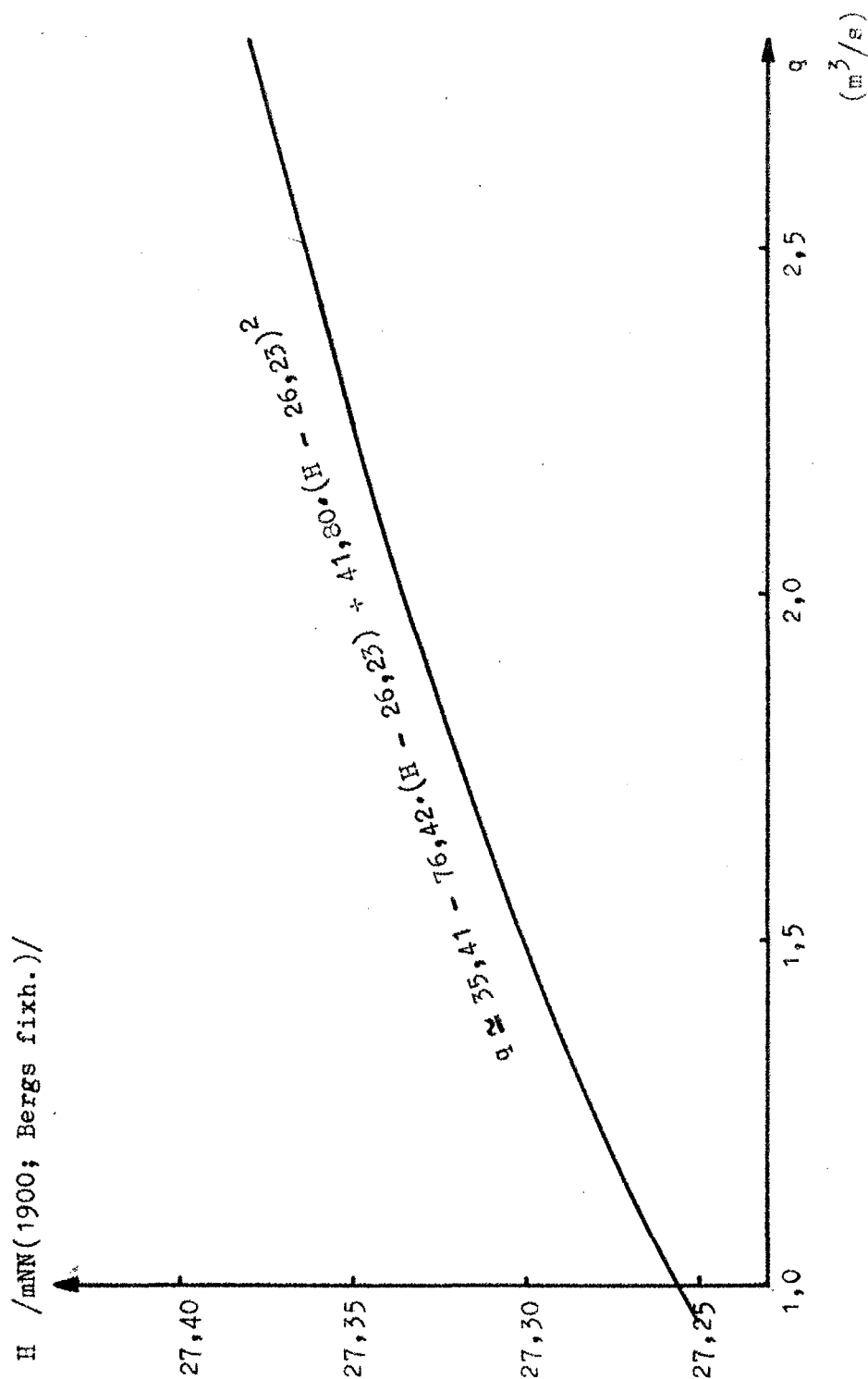
Kurvfigur K7:

Vattenföringskurva i H-intervallet 26,99 - 27,25 mNN(1900; Bergs fixhöjd) för värnalternativ D22:39:R221. Motsvarande q-intervall är 0,15 - 0,94 m³/s.



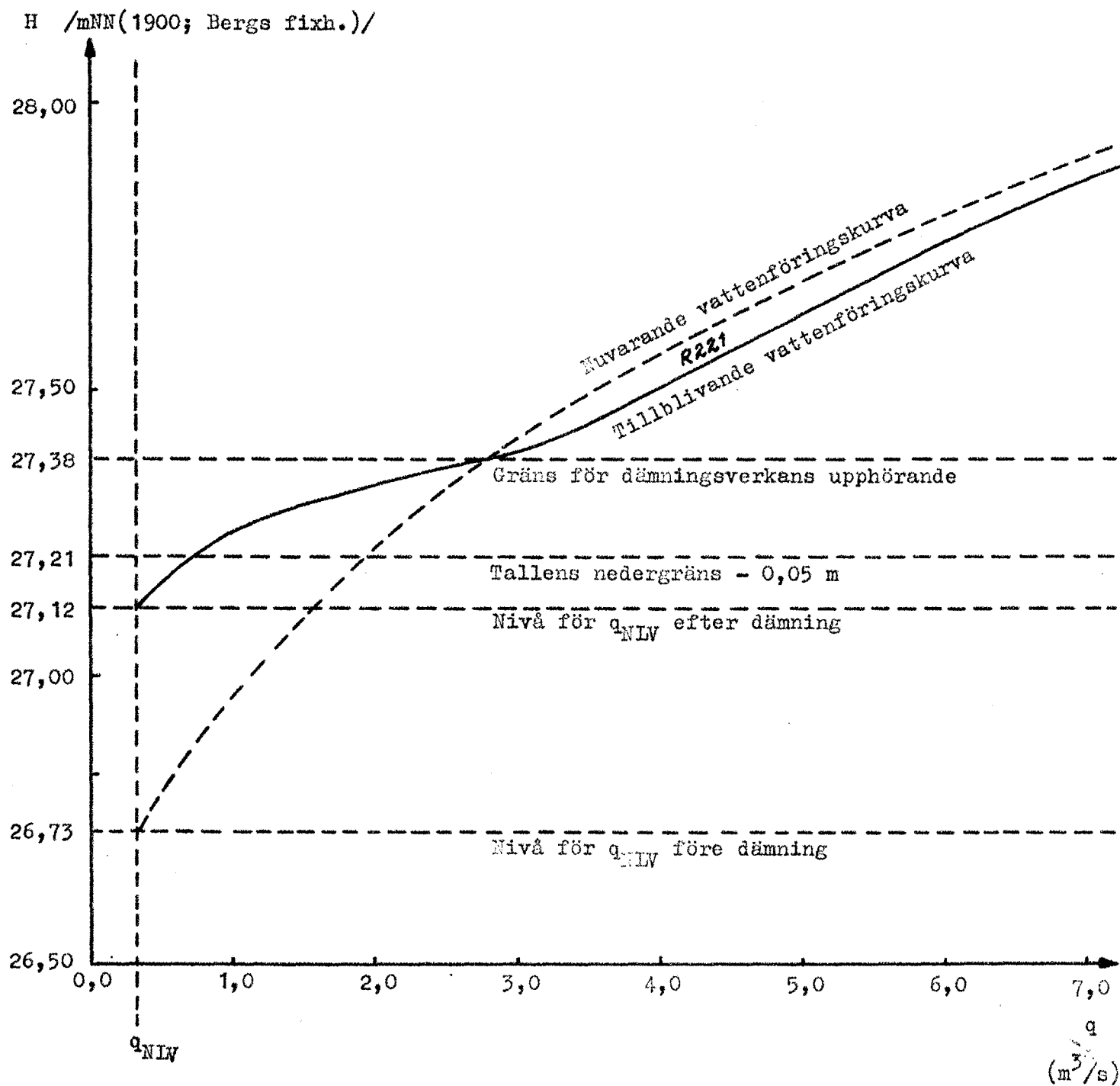
Kurvfigur K8:

Approximativ vattenföringskurva i H-intervallet 27,25 - 27,38 mNN (1900; Bergs fixhöjd) för värnalternativ D22:39:R221. Motsvarande q-intervall är 0,94 - 2,80 m³/s.



Kurvfigur K9:

Vattenföringskurva i q -intervallet $0,33 - 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$
för värnalternativ D22:39:R221.



Bilaga 4

till

Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem
uppströms Lövestabruk. 3: Ytterligare förslag till värnutformningar.

Av Anders Bjerketorp

EXEMPEL PÅ BERÄKNING AV GEOMETRISKA KARAKTERISTIKA FÖR DE FÖRESLAGNA
=====

ÖVERFALLSVÄRKEN

=====

A: BERÄKNING AV TRÖSKELBREDD

Tröskelbredden, b_0 , kan vid givna värden på q_{g_1} , μ_{g_1} , h_1 och s_1 beräknas med följande uttryck:

$$b_0 = \frac{1,5 \cdot q_{g_1}}{\mu_{g_1} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_1^{1,5}} - 0,8 s_1$$

där

b_0 = den sökta tröskelbredden

q_{g_1} = den önskade vattenföringen

μ_{g_1} = utströmningskoefficientens gränsvärde vid första brytpunkten

g = tyngdkraftsaccelerationen

h_1 = önskat värde på första brytpunktens höjd över tröskeln

s_1 = vågräta avståndet mellan första polygonsidans tröskelanslutning och första brytpunkten

B: BERÄKNING AV VÅGRÄTA AVSTÅNDET MELLAN FÖRSTA OCH ANDRA BRYTPUNKTEN

Vågräta avståndet, s_2 , mellan första och andra brytpunkten kan beräknas på följande vis:

$$s_2 = \frac{1,25}{\Delta h_{21}^{1,5}} \cdot \left(\frac{1,5 \cdot q_{g_2}}{\mu_{g_2} \cdot \sqrt{2 \cdot g}} - b_0 \cdot h_2^{1,5} \right) + \frac{s_1}{h_1} \cdot \left(\Delta h_{21} - \frac{h_2^{2,5}}{\Delta h_{21}^{1,5}} \right)$$

där

s_2 = vågräta avståndet mellan första och andra brytpunkten

Δh_{21} = lodräta avståndet mellan första och andra brytpunkten

q_{g_2} = den önskade vattenföringen när vattenståndet uppströms värdet motsvarar den andra brytpunktens nivå

μ_{g_2} = utströmningskoefficientens gränsvärde vid andra brytpunkten.

g = tyngdkraftsaccelerationen

b_0 = tröskelbredden

h_1 = första brytpunktens höjd över tröskeln

h_2 = andra brytpunktens höjd över tröskeln

s_1 = vågräta avståndet mellan första polygonsidans tröskelanslutning och första brytpunkten

C: BERÄKNING AV VÅGRÄTA AVSTÅNDET MELLAN ANDRA BRYTPUNKTEN
OCH VÄRNETS ÖVRE AVSLUTNING

1. I D22:R2-serien

Vågräta avståndet, s_{32} , mellan andra brytpunkten och värnets övre avslutning i D22:R2-serien beräknas enligt nedanstående formler:

$$\left\{ \begin{aligned} s_{32} &= \frac{\Delta h_{32}}{H_{s_3} - H_{b_2}} \cdot s_3 = \frac{\Delta h_{32}}{D_1} \cdot s_3 \\ s_3 &= \frac{1}{D_1^{1,5}} \cdot \left(\frac{15 \cdot q_{g_3}}{8 \cdot \mu_{g_3} \cdot \sqrt{2 \cdot g}} - \frac{5 \cdot b_0 \cdot D_2^{1,5}}{4} - \frac{s_1 \cdot D_2^{2,5}}{h_1} - \zeta \cdot (\Delta h_{21} + D_1)^{2,5} \right) + \zeta \cdot D_1 \\ D_1 &= H_{s_3} - H_{b_2} \\ D_2 &= H_{s_3} - H_0 \\ \zeta &= \frac{s_2}{\Delta h_{21}} - \frac{s_1}{h_1} \end{aligned} \right.$$

där

s_{32} = vågräta avståndet mellan andra brytpunkten och värnets övre avslutning i D22:R2-serien

Δh_{32} = lodräta avståndet mellan andra brytpunkten och värnets övre avslutning

s_3 = vågräta avståndet mellan andra brytpunkten och den tredje styrepunkt varom talas i avd. 2.6.1., s. 7

H_{s_3} = nivån för den tredje styrepunkten

H_{b_2} = nivån för andra brytpunkten

q_{g_3} = den önskade vattenföringen när vattenståndet uppströms värnets motsvarar den tredje styrepunktens nivå

μ_{g_3} = utströmningsskoefficientens gränsvärde vid tredje styrepunkten

g = tyngdkraftsaccelerationen

b_0 = tröskelbredden

H_0 = tröskelnivån

s_1 = vågräta avståndet mellan första polygonsidans tröskelanslutning och första brytpunkten

s_2 = vågräta avståndet mellan första och andra brytpunkten

h_1 = första brytpunktens höjd över tröskeln

Δh_{21} = lodräta avståndet mellan första och andra brytpunkten

2. I D22:39:R2-serien

Vågräta avståndet, s_{31} , mellan andra brytpunkten och värnets övre avslutning i D22:39:R2-serien beräknas i princip på samma sätt som vågräta avståndet, s_{32} , mellan andra brytpunkten och värnets övre avslutning i D22:R2-serien. Först beräknas vågräta avståndet, s_3 , mellan andra brytpunkten och den tredje stympunkten med användning av icke transformerade nivåvärden (Se avd. 2.6.2., s. 7), varefter s_{31} beräknas ur sambandet

$$s_{31} = \frac{\Delta h_{32}}{H'_{s_3} - H_{b_2}} \cdot s_3$$

där

H'_{s_3} = nivån för värnets avslutning i D22:39:R-serien innan transformering från D22:R2-systemet skett (Se avd. 2.6.2., s. 7), d. v. s. $H'_{s_3} = 27,08$

Förteckning över utkomna häften i serien:

Lantbrukshögskolan. Inst. för lantbrukets hydroteknik. STENCILTRYCK.

- Nr 1 Håkansson, A. 1952. Redogörelse för resultaten av 1951 års täckdikningsförsök. 71 sid.
- Nr 2 Håkansson, A. 1953. Redogörelse för resultaten av 1952 års täckdikningsförsök. 64 sid.
- Nr 3 Håkansson, A. 1954. Redogörelse för resultaten av 1953 års täckdikningsförsök. 84 sid.
- Nr 4 Berglund, G. & Eriksson, J. 1955. Redogörelse för resultaten av 1954 års täckdikningsförsök. 97 sid.
- Nr 5 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1956. Redogörelse för resultaten av 1955 års täckdikningsförsök. 59 sid.
- Nr 6 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1957. Redogörelse för resultaten av 1956 års täckdikningsförsök. 66 sid.
- Nr 7 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1958. Redogörelse för resultaten av 1957 års täckdikningsförsök. 56 sid.
- Nr 8 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1959. Redogörelse för resultaten av 1958 års täckdikningsförsök. 66 sid.
- Nr 9 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1960. Redogörelse för resultaten av 1959 års täckdikningsförsök. 70 sid.
- Nr 10 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1961. Redogörelse för resultaten av 1960 års täckdikningsförsök. 53 sid.
- Nr 11 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1962. Redogörelse för resultaten av 1961 års täckdikningsförsök. 59 sid.
- Nr 12 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1963. Redogörelse för resultaten av 1962 års täckdikningsförsök. 57 sid.
- Nr 13 Håkansson, A., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. 1964. Resultat av 1963 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 63 sid.
- Nr 14 Håkansson, A., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. 1965. Resultat av 1964 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 75 sid.
- Nr 15 Håkansson, A., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. 1966. Resultat av 1965 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 82 sid.
- Nr 16 Hallgren, G. 1940. Dalgångarna Fyrisån-Östersjön; Några hydrografiska och hydrotekniska studier. 30 sid.
- Nr 17 Hallgren, G. 1942. Om sambandet mellan grundvattenståndet och vattennivån i en recipient. 27 sid.
- Nr 18 Hallgren, G. 1943. Om sambandet mellan nederbörd och skördeavkastning. 161 sid.
- Nr 19 Andersson, S. 1952. Kompendium i agronomisk hydroteknik. I: Elementär hydromekanik. 162 sid.
- Nr 20 Andersson, S. 1952. Kompendium i agronomisk hydroteknik. Tabeller med kommentarer och exempel till Kompendium i elementär hydromekanik. 22 sid.
- Nr 21 Andersson, S. 1960. Kapillaritet. 115 sid.
- Nr 22 Andersson, S. 1961. Markens temperatur och värmehushållning. 25 sid.

Förteckning över utkomna häften i serien:

Lantbrukshögskolan. Inst. för lantbrukets hydroteknik. STENCILTRYCK.

- Nr 23 Johansson, W. 1962. Bevattningsförsök i potatis, korn och foderbetor vid Tönnersa försöksgård 1959-1961. 13 sid.
- Nr 24 Johansson, W. 1962. Metodik och erfarenheter vid användning av hålkort för undersökning av torrlägningsförhållanden och ytsänkning vid Nedre Olandsån. 10 sid.
- Nr 25 Johansson, W. 1962. Utredning för förslag till bevattningsanläggning vid Sör Salbo, Salbohed, Västmanlands län. 9 sid.
- Nr 26 Andersson, S. 1963. Skrivningar i agronomisk hydroteknik. 50 sid.
- Nr 27 Berglund, G. & Sjöberg, S. 1964. Undersökning av plaströrsdikningar. 15 sid.
- Nr 28 Håkansson, A. 1964. Anvisningar rörande täckdikning med plaströr av styv PVC. 5 sid.
- Nr 29 Berglund, G. 1966. Vattendragsförbundet: Förslag till överenskommelse och stadgar samt något om kostnadsfördelning. 19 sid.
- Nr 30 Fahlstedt, T. 1966. Kvismardalsprojektet -- en orientering samt Redogörelse för undersökning i syfte att klargöra avkastningens beroende av högvattenstånden i Kvismare kanal. 29 sid.
- Nr 31 Hallgren, G. 1966. Vattenrätt. 77 sid.
- Nr 32 Brink, N. 1966. Hydrologi. 17 sid.
- Nr 33 Jonsson, Y. 1967. Ytplanering med planersladd. 36 sid.
- Nr 34 Håkansson, A., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. 1967. Resultat av 1966 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 85 sid.
- Nr 35 Nitsch, U. 1967. Om östersjövattnets användbarhet för bevattningsändamål. 35 sid.
- Nr 36 Håkansson, A., Johansson, W., Berglund, G. & Eriksson, J. 1968. Resultat av 1967 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 96 sid.
- Nr 37 Brink, N. 1968. Ansvarsfördelning vid underhåll av vattendrag inom Sagåns vattensystem. 10 sid.
- Nr 38 Håkansson, A., Johansson, W. & Fahlstedt, T. 1968. Nederbördens storlek och fördelning. En detaljstudie av nederbördsdata från 16 nederbördsstationer. 175 sid.
- Nr 39 Berglund, G. 1968. Om genomsläppligheten i återfyllning och rörfogar. 14 sid.
- Nr 40 Håkansson, A., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. 1969. Resultat av 1968 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 83 sid.
- Nr 41 Brink, N. 1969. Kväve och fosfor i Sävjaån. 10 sid.
- Nr 42 Brink, N. 1969. Sagåns vatten. 33 sid.
- Nr 43 Johansson, W. 1970. Anvisningar för projektering och dimensionering av bevattningsanläggningar. 34 sid.

Förteckning över utkomna häften i serien:

Lantbrukshögskolan. Inst. för lantbrukets hydroteknik. STENCILTRYCK.

- Nr 44 Hallgren, G. 1970. Dränering av tomtmark, vägar, trädgårdar, kyrkogårdar, idrottsplatser, flygfält m. m. 140 sid.
- Nr 45 Håkansson, A., Berglund, G., Eriksson, J. & Johansson, W. 1970. Resultat av 1969 års täckdikningsförsök och bevattningsförsök. 73 sid.
- Nr 46 Berglund, G. 1971. Kalkens inverkan på jordens struktur. 10 sid.
- Nr 47 Håkansson, A., Johansson, W., Berglund, G. & Eriksson, J. 1971. Resultat av 1970 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkförsök. 78 sid.
- Nr 48 Sandsborg, J. 1971. Exempelsamling i hydromekanik. 148 sid.
- Nr 49 Eriksson, J. 1971. Bevattning. Tropiskt jordbruk. 21 sid.
- Nr 50 Eriksson, J. 1971. Erosion. Tropiskt jordbruk. 27 sid.
- Nr 51 Håkansson, A., Johansson, W., Berglund, G. & Eriksson, J. 1972. Resultat av 1971 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkningsförsök. 78 sid.
- Nr 52 Andersson, S. 1972. Agrohydrologi. Skrivningar för 5 poäng med svar, lösningar och kommentarer. 100 sid.
- Nr 53 Berglund, G. 1973. Försök med påskyndad snösmältning. 11 sid.
- Nr 54 Kristiansson, L. & Sundéll, G. 1973. Studier av arbetstiden för olika bevattningssystem. 81 sid.
- Nr 55 Andersson, P.-O. & Rydén, M. 1973. Studier av arbetstiden vid ändbogsering av spridarledning. 16 sid.
- Nr 56 Berglund, G. & Hofvendahl, G. 1973. Inventering av dämningmöjligheterna inom Sävjaåns avrinningsområde. 14 sid.
- Nr 57 Berglund, G. 1973. Slamavsättning i släta och i korrugerade dräneringsrör av plast. 25 sid.

Förteckning över utkomna häften i serien:

Lantbrukshögskolan, Uppsala. Inst för markvetenskap.

Avd. för lantbrukets hydroteknik. STENCILTRYCK.

- Nr 58 Bjerketorp, A. 1973. Envertikalsmetoder med flytar- eller flymätning för approximativ bestämning av flöde i små vattendrag. Preliminärt förslag. 86 sid.
- Nr 59 Bjerketorp, A. 1973. Fyra metoder för approximativ bestämning av flöde i små vattendrag genom mätning av vattenhastigheten i en enda vertikal. 2:a övers. uppl. 20 sid.
- Nr 60 Bjerketorp, A. 1973. Några metoder för avkortad mätning och beräkning av flöde i små vattendrag. Del I: Avkortade metoder vid flygelmätning: Några allmänna förutsättningar för mätningsproceduren och dess utvärdering. 32 sid.
- Nr 61 Andersson, Ö. & Bjerketorp, A. 1973. Vattenföringsmätning i små vattendrag med ytflytare enligt en maximaltyhastighetsmetod. 7 sid.
- Nr 62 Håkansson, A., Johansson, W., Berglund, G., Linnér, H. & Eriksson, J. 1973. Resultat av 1972 års täckdiknings-, bevattnings och kalkningsförsök. 88 sid.
- Nr 63 Andersson, Ö. 1973. Underhåll av vattendrag. II: Maskiner och redskap för mekanisk vegetationsbekämpning och slamrensning. 44 sid.
- Nr 64 Eriksson, J. 1973. Undersökning av olika typer av filter vid dränering. 14 sid.
- Nr 65 Sandsborg, J. 1973. Kompendium i elementär hydromekanik. I: Hydromekanikens grunder. 210 sid.
- Nr 66 Sandsborg, J. 1973. Kompendium i elementär hydromekanik. II: Hydromekanikens tillämpning. 116 sid.
- Nr 67 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1973. Om dikningsintensiteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök med olika dikesavstånd. I: Stockholms och Uppsala län. 68 sid.
- Nr 68 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1973. Om dikningsintensiteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök med olika dikesavstånd. II: Södermanlands och Östergötlands län. 81 sid.
- Nr 69 Linnér, H., Sundéll, G. & Johansson, W. 1974. Arbetsbehov, investering och årskostnader för olika bevattningssystem. 58 sid.
- Nr 70 Andersson, Ö. 1974. Underhåll av vattendrag. III: Kemisk vegetationsbekämpning. 15 sid.
- Nr 71 Andersson, Ö. 1974. Föroreningsbelastning i vattendrag och risker vid bevattning med förorenat vatten. 33 sid.
- Nr 72 Håkansson, A., Berglund, G. & Eriksson, J. 1974. Om dikningsintensiteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök med olika dikesavstånd. VI: Skaraborgs län. 109 sid.

- Nr 73 Bjerketorp, A. Beräkning av dämningsskurvor enligt Bakhe-meteff-Felkels integreringsförfarande. Del I: Intro-duktion jämte översiktstabell över enhetsdämningss-vidder.
- Nr 74 Bjerketorp, A. Beräkning av dämningsskurvor enligt Bakhe-meteff-Felkels integreringsförfarande. Del II: De-taljtabeller över enhetsdämningssvidder.
- Nr 75 Bjerketorp, A. 1974. Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. En preliminär utredning. 56 sid.
- Nr 76 Bjerketorp, A. 1976. Några metoder för avkortad mätning och be-räkning av flöde i små vattendrag. Del II: Avkortade metoder vid flygelmätning Vertikalmedelhastighetsbe-stämning; Historisk och teoretisk översikt. 2:a uppl.
- Nr 77 Bjerketorp, A. 1976. Rörledningars vattenförande förmåga beräk-nad på fem olika sätt. Tabeller och kommentarer.
- Nr 78 Bjerketorp, A. 1976. Kyrkogårdsdränering. Uppgifter och kommentarer för övningskurs för landskapsarkitekturstude-rande. 6:e, översedda uppl.
- Nr 79 Andersson, Ö. 1974. Energiutbyte inom lantbruket, speciellt med avseende på bevattning. 8 sid.
- Nr 80 Bjerketorp, A. 1974. Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. Ett yttrande över ett yttrande. 38 sid.
- Nr 81 Johansson, W. 1974. Data om väderlek och agrohydrologiska för-hållanden vid Uppsala 1931-1960 och Ultuna 1961-1973.
- Nr 82 Berglund, G., Johansson, W., Eriksson, J. & Linnér, H. 1974. Resultat av 1973 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkningsförsök. 92 sid.
- Nr 83 Bjerketorp, A. 1975. Höjning av nivåerna vid lågvattenföring i Forsmarksåns vattensystem uppströms Lövestabruk. 3: Ytterligare förslag till värnutformningar. 55 sid.
- Nr 84 Dahlgren, L. 1974. Grundvattentäkter för bevattning. 22 sid.
- Nr 85 Eriksson, J. 1975. Tropiska jordar. Tropiska jordars närings-hushållning.
- Nr 86 Andersson-Sundéll, G., Karlsson, A.-B. & Linnér, H. 1975. Er-farenheter av bevattningsmaskiner i praktisk drift. 34 sid.
- Nr 87 Berglund, G., Håkansson, A. & Eriksson, J. 1975. Om diknings-intensiteten vid dränering av åkerjord. Resultat av fältförsök med olika dikesavstånd. IV: Blekinge, Kristianstads och Malmöhus län. 68 sid.
- Nr 88 Berglund, G., Johansson, W., Eriksson, J. & Linnér, H. 1975. Resultat av 1974 års täckdiknings-, bevattnings- och kalkningsförsök. 86 sid.